

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ELEKTR MASHINALARI
fanidan o‘zgarmas tok mashinalari qismi bo’yicha
amaliy mashg’ulotlar o’tkazish uchun

USLUBIY KO’RSATMALAR

Toshkent – 2016

Tuzuvchi: G.N. Mustafaqulova

O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik yakor chulg'amlarini hisoblash va tahlil qilish (Toshkent davlat texnika universiteti, tuzuvchi: G.N. Mustafaqulova, Toshkent, 2016. 50 b).

Mazkur qo'llanma "Elektr mashinalar" kursi bo'yicha o'zgarmas tok mashinalarning yakor chulg'amlari o'rganish va hisoblash uchun zarur materialni o'z ichiga oladi. Bu qo'llanma auditoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda ham, talabalarning mustaqil ishlarida ham foydalidir.

Ushbu metodik qo'llanma «Elektr mashinalari» va «Elektr mexanika» fanlarini o'rganuvchi 5310700 – «Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (sanoat)», 5310200 – «Elektr energetikasi», va 5111000 – «Kasb ta'limi (elektr energetikasi)» yo'nalishlaridagi talabalarga amaliy mashg'ulotlar, hamda mustaqil ish masalalarni yechishda yordam beradi.

Taqrizchilar: U.T. Berdiyev – Toshkent temir yo'l muhandislari institutining «Elektr transporti va yuqori tezlikdagi elektr harakat tarkibi» kafedrası mudiri, t.f.n., dotsent.

A.T. Imomnazarov – Toshkent Davlat Texnika Universiteti «Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» kafedrası t.f.n., dotsenti.

Kirish

O'zbekiston Respublikasi rivojlanishining asosiy talablaridan biri, xalq xo'jaligining turli sohalari uchun yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashdir. Buning uchun oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini yanada takomillashtirish, talabalarni mustaqil ishlashga o'rgatish, kasbiy qobiliyatlarini rivojlantirish lozim bo'ladi. Talabalar bilimini o'quv yili davomida nazorat qilish, bajarilayotgan uy vazifalarini va mustaqil ishlarini kuzatib borish, dars vaqtida ta'lim olishda aktiv bo'lishlarini o'rgatish ularning chuqur bilimli mutaxassis bo'lishlariga olib keladi.

Masalalar yechish va uni tahlil qilish nazariy materialini yaxshi o'zlashtirishga yordam beradi, amaliy masalalarni ko'rib chiqilayotganida olingan bilimlardan foydalanishga o'rgatadi, keyingi muhandislik faoliyati uchun zarur bo'lgan uquvlar hosil qiladi.

Yakor chulg'amlari o'zgarmas tok mashina (O'TM) larning muhim tarkibiy qismidir, chunki bularda energiyani o'zgartirish borasidagi asosiy ish jarayonlari sodir bo'ladi.

Material quyidagi tarzda bayon qilingan: dastlab masalalarni yechish va tahlil qilish uchun zarur bo'lgan shuningdek, simmetrik yakor chulg'amiga oid qisqacha malumotlar va bu masalalarni yechishga doir misollar metodik ko'rsatmalar bilan berilgan. Materialning bunday bayon qilinishi ba'zi hollarda qo'shimcha adabiyotlardan foydalanmasdan turib, masalalarni yechish va tahlil qilish imkonini beradi, bu esa talabalarining mustaqil ishlashlari bo'yicha auditoriya mashg'ulotlari o'tkazishda juda qo'l keladi.

O'TM yakor chulg'amlarning simmetrik sirtmoqsimon va to'liqsimon xillari yuzasidan mustaqil ishga doir topshiriqlar keltirilgan, shuningdek O'TM yakor chulg'amlari parametrlarning yig'ma jadvali berilgan. O'z-o'zini tekshirishga doir savollar bayon qilingan.

Ushbu metodik qo'llanma «Elektr mashinalari» va «Elektr mexanika» fanlarini o'rganuvchi 5310700 – «Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (sanoat)», 5310200 – «Elektr energetikasi», va 5111000 – «Kasb ta'limi (elektr energetikasi)» yo'nalishlaridagi talabalarga O'TM yakor chulg'amlariga doir amaliy mashg'ulotlar, hamda mustaqil ish masalalarni yechishda yordam beradi.

1. O'zgarmas tok mashinalarining simetrik yakor chulg'amlari to'g'risida qisqacha malumotlar

1.1. Asosiy tushinchalar

O'zgarmas tok mashinasidagi yakor nima?

O'zgarmas tok mashinasida asosiy magnit maydoni aylanishi natijasida chulg'amida elektr yutrituvchi kuch (EYK) hosil bo'ladigan qism yakor deyiladi. Demak, yakor O'TMsi aylanadigan qismining muhim bir bo'lagi ekan.

Hozirgi O'TMlarida barabanli yakor qo'llaniladi. Bunday yakor chulg'aming o'tkazgichlari magnit o'tkazgichining tashqi silindrik sirtidagi pazlarda joylashadi. Bu chulg'amda ketma-ket ulangan alohida elementlar yakorning butun aylanasi bo'yicha bir tekis taqsimlangan bo'ladi.

Siz O'TM chulg'aming qanday elementlarini bilasiz?

Yakor chulg'aming asosiy elementi sektsiyadir, u bir-biridan ajratilgan (izolyatsiyalangan) bir yoki bir nechta o'ramlardan iborat bo'lib, bular chulg'am sxemasi bo'yicha birin-ketin joylashgan ikkita kollektor plastinasiga ulab qo'yilgan. Chulg'amdagi hamma sektsiyalar odatda bir xil sondagi o'ramlar W_0 ga ega bo'ladi. Sektsiyalar uzunligining pazlarda yotgan qismi faol (aktiv) tomonlari deb, pazlardan tashqarida yotganlari tirsak tomonlari deb ataladi.

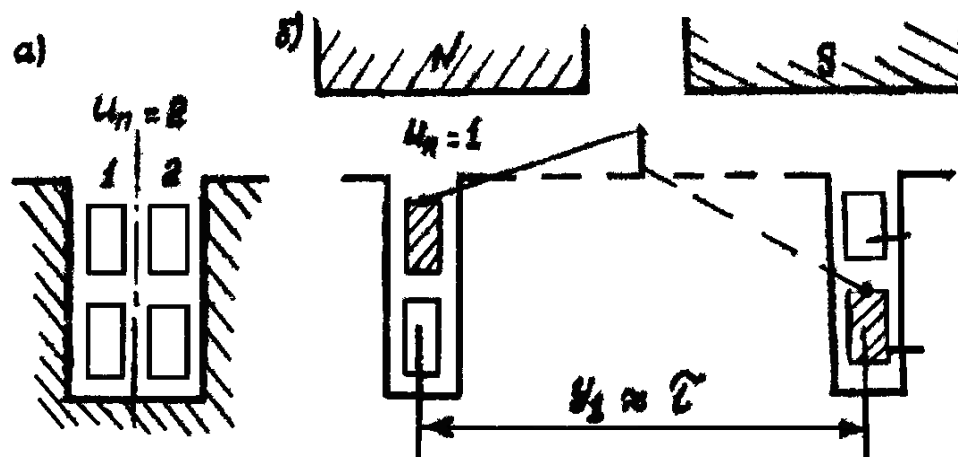
Nima uchun yakor chulg'ami ikki qatlamli qilib yasaladi?

Chulg'amning tirsak qismlarini joylashtirish qulay bo'lishi uchun yakor chulg'ami ikki qatlamli qilib tayyorlanadi yuqorigi qatlam deb ataymiz. Bunda har qaysi sektsiyaning chapki (faol tamonini bir pazning yuqorigi qatlamida joylashtiriladi, o'nggi faol tomonini esa chulg'am qadamiga teng masofada joylashgan boshqa pazning pastki qatlamida joylashtiriladi. Chulg'am qadami taxminan qutb bo'linmasining eni τ ga teng bo'ladi (1-rasm, b ga qarang). Qutb bo'linmasi deyilganda qo'shni qutblarning o'qlari orasiga teng masofa yoki geometrik neytrallarning qo'shni chiziqlari orasidagi, yakor aylanmasi bo'yicha o'lchangan masofa tushuniladi, ya'ni $\tau = \pi D / (2p)$, [M].

Kollektor plastinalari nima uchun kerak?

Sektsiyalarning uchlari kollektor plastinalariga ulanadi, bunda har qaysi plastinaga bitta sektsiyaning boshi va boshqa ikkinchi bir sektsiyaning oxiri ulanadi, yani har qaysi sektsiya S ga bitta kollektor plastinasi $S=K$ to'g'ri keladi. Bir-biridan ajratilgan va silindrik sirtga mahkamlangan bu mis plastinalar kollektorni hosil qiladi. Shu kollektor

va plastinalarga oʻrnatilgan choʻtkalar tufayli yakor chulgʻamining oʻzgaruvchi EYKi oʻzgarmas EYK ga aylanadi. Demak EYK va tok tashqi zanjirda oʻzgarmas yoʻnalishda boʻladi.



1-rasm. Oʻzgarmas tok mashinalaridagi elementar paz tushunchasiga doir

Elementar paz nima?

Sxemalar tuzish, ularni oʻqish va yakor chulgʻami tayyorlash qulay boʻlish uchun “elementar paz” tushunchasi kiritiladi. “Elementar paz” deyilganda paz boʻyicha bir-birining ustida yuqorigi va pastki qatlamlari joylashgan (1-rasm) turli sektsiyalarning ikkita faol tomoni tushuniladi. Real pazda bitta yoki bir nechta elementlar pazlar (u_n) boʻlishi mumkin.

Sektsiyada ikkita faol tomon boʻlganligi sababli har qaysi sektsiya S ga bitta elementar paz Z_3 toʻgʻri keladi, yaʼni $S = Z_3$.

Eng oddiy holda pazda bitta elementar paz turadi ($u_n = 1$), demak yakorning real va elementar pazlari soni oʻzaro teng boʻladi, yaʼni $Z = Z_3$. Bunda pazlar soni quyidagiga teng boʻladi:

$$Z = Z_3 = S = K. \quad (1)$$

Biroq, toʻgʻrilangan kuchlanish va tokning pulsatsiyalanishini kamaytirish maqsadida pazning har qaysi qatlamida yonma-yon tarzda sektsiyalarning bir nechta ($u_n = 2 \div 5$) tomonlari joylashtiriladi. Bunda elementlar pazlar va kollektor plastinalari soni real pazlar soniga qaraganda u_n marta koʻpayadi.

Elementlar (Z_3) va real (Z) pazlar orasidagi bogʻlanishni umumiy holda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Z_{\vartheta} = u_n Z, \quad (2)$$

bu yerda u_n - bitta real pazdagi elementar pazlar soni.

(1) va (2) tengliklarni hisobga olib, quyidagini yozish mumkin:

$$Z_{\vartheta} = u_n Z = S = K. \quad (3)$$

Chulg'amlarni hisoblashda mashina qutb bo'linmasining uzunligi τ ni elementar pazlar soni orqali ifodalash qulaydir, ya'ni

$$\tau = Z_{\vartheta} / (2p) \quad (4)$$

Elektr burchakni qanday tushinish kerak?

Malumki, yakor chulg'amlarining o'tkazgichlarida o'zgaruvchan EYKlar hosil bo'ladi va EYK o'zgarishining har bir davriga mashina qutblarining bir jufti " p " to'g'ri kelganligi sababli, umumiy holda quyidagicha yozish mumkin: $360^\circ \text{ geom.} = p \cdot 360^\circ \text{ el.}$ Bundan

$$\alpha^\circ_{\text{geom}} = p \cdot \alpha^\circ \text{ el.} \quad (5)$$

1.2. Yakor chulg'amlarining asosiy turlari va ularning qadamlari

Sektsiyalarning shakli va ularning kollektorga birlashtirilish usuliga ko'ra yakor chulg'amlarining sirtmoqsimon, to'lqinsimon va aralash turlari mavjuddir. Sirtmoqsimon va to'lqinsimon chulg'amlar oddiy ham murakkab xilda tayyorlanishi mumkin. Aralash chulg'am murakkab to'lqinsimon va oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarning parallel ulanishidan iboratdir (bu yerda aralash chulg'amlar ko'rilmaydi).

Chulg'amni yakorga to'g'ri joylash va uni kollektorga to'g'ri ulash uchun chulg'amlarning elementar pazlar soni bilan o'lchanadigan, yakor bo'yicha y_1 , y_2 y , qadamlarini va kollektor plastinalari soni bilan o'lchanadigan, kollektor bo'yicha qadam y_k ni bilish zarur:

y_1 -birinchi qisman qadam bo'lib, chulg'am bir sektsiyasining ikki faol tomonlari orasidagi masofaga (sektsiya eniga) teng;

y_2 -ikkinchi qisman qadami bo'lib, chulg'am bir sektsiyasining ikkinchi tomoni bilan shu sektsiyaga ketma-ket ulangan navbatdagi sektsiyaning birinchi faol tomoni orasidagi masofaga teng;

y -natijaviy qadam bo'lib, ketma-ket ulangan ikkita sektsiyalarning birinchi faol tomonlari orasidagi masofaga teng;

y_k -kollektor bo'yicha qadam bo'lib, u bir sektsiyasining boshi va oxiri ulangan kollektor plastinalari orasidagi masofaga teng.

Chulg'am o'ramasi ikki va undan ortiq sektsiyalardan iborat bo'lganida (bu katta quvvatli O'TMlarida qo'llaniladi) pazlar bo'yicha qadam y_{1z} ni aniqlash zarur, u ayni bir o'ramaning birinchi va ikkinchi faol tamonlari orasidagi masofaga teng. Bu qadam sektsiya tomonlari orasida joylashgan real pazlar soni bilan o'lchanadi.

Yakor chulg'amlari pazlarga joylashtirilib, uni kollektor bilan ulanganidan keyin tenglashtiruvchi ulanishlar uchun teng potentsialli nuqtalarni aniqlash zarur. Buning uchun tenglashtiruvchi ulanishlar qadami y_{teng} aniqlanishi zarur, u parallel shoxobchalarning bir juftiga mos keladigan sektsiyalar yoki kollektor plastinalari soni bilan o'lchanadi.

1- Amaliyot mashg'uloti.

2. Sirtmoqsimon (parallel) chulg'amlar

2.1. Oddiy (bir yo'lli) sirtmoqsimon chulg'am

Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda har qaysi sektsiya yonma-yon joylashgan ikkita kollektor plastinalarga ulangan bo'ladi. Bunda har qaysi oldingi sektsiyalarning oxiri keyingi sektsiyaning boshi bilan ulanadi va shu tarzda chulg'am so'nggi sektsiyasining oxiri birinchi sektsiyaning boshi bilan ulanishigacha, ya'ni chulg'am tutashmaganiga qadar yakor aylanasi bo'yicha (kollektor bo'yicha ham) ulab boriladi.

Agar chulg'am sektsiyalari yakor aylanasi bo'yicha chapdan o'ngga qarab joylashtirilgan bo'lsa, bunday chulg'am o'ng yo'lli chulg'am deb, agar – o'ngdan chapga bo'lsa – chap yo'lli chulg'am deb ataladi. Chap yo'lli chulg'amda kollektor tomondagi tirsak qism ulanishlari bir-biri bilan kesishadi, natijada chulg'am uzunligi biroz ortadi. Bu hol misning ortiqcha sarflanishiga olib keladi. Shu boisdan, amalda chap yo'lli chulg'amlardan foydalanilmaydi.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda natijaviy qadam va kollektor bo'yicha qadamlar

$$y = y_k = \pm 1, \quad (6)$$

bu yerda (+) ishorasi o'ng yo'lli chulg'amga, (-) ishorasi chap yo'lli chulg'amga taaluqlidir.

Chulg'amning elementar pazlar bilan o'lchanadigan birinchi qisman qadami butun son bo'lishi shart va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$y_1 = Z_3 / (2p) \pm \varepsilon, \quad (7)$$

bu yerda ε – juda kichik son bo'lib, butun son hosil qilish uchun sektsiyaning eni (y_1) ε soniga kamaytiriladi yoki uzaytiriladi. $(+\varepsilon)$ bo'lganida chulg'am uzaytirilgan qadamli deb ($y_1 > \tau$), $(-\varepsilon)$ bo'lganida qisqartirilgan qadamli chulg'am deb ataladi ($y_1 < \tau$), $\varepsilon=0$ bo'lganida bu chulg'amni to'la qadamli chulg'am deyiladi ($y_1 = \tau$).

Qisqartirilgan qadamli chulg'amning tirsak qismlarining uzunligi kam bo'ladi, demak mis kamroq sarflanadi, shuning uchun amalda qisqartirilgan qadamli chulg'am maqul ko'riladi. Chulg'am qadamining biroz qisqartirilishi kommutatsiyaning borishiga ham ta'sir etadi.

$$y_2 = y_1 - y \quad (8)$$

Chulg'amning real pazlar bo'yicha qadami quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$y_{1Z} = Z / (2p), \quad (9)$$

bu yerda Z - yakorning real pazlari soni.

Agar pazlar soni qutblar soniga qoldiqsiz bo'linmasa, u holda qadamni eng yaqin kichik songa yaxlitlanadi.

2- Amaliyot mashg'uloti.

Yuqorida bayon qilinganlarga muvofiq O'TM chulg'amlarini hisoblash bo'yicha topshiriqni quyidagi tartibda bajarish tavsiya etiladi:

1. (6), (7) va (8) formulalar bo'yicha chulg'amning qadamlari aniqlanadi.

2. Sxemalarni bajarish qulay bo'lishi uchun sektsiyalar va kollektor plastinalarining ulanishlar jadvali (2-rasmga qarang) oldindan tuzib olinadi.

3. Chulg'amning yoyilgan sxemasi chiziladi, buning uchun:

a) yakorning pazlari sektsiyalarning faol tomonlari bilan sxematik tarzda chiziladi;

b) kollektor plastinalar elementar pazlarga nisbatan sektsiyalar simmetrik qilib joylashtiriladi;

v) sektsiyalar, pazlar kollektor plastinalari 1-sektsiyalarning yuqorigi qatlami 1-pazda, 2-sektsiyaning yuqorigi qatlami 2-pazda va hokazo tarzda joylashadigan qilib nomerlab chiqiladi;

g) tish bo'linmalari birligida o'lchangan qutb bo'linmasi $\tau = Z/(2p)$ aniqlanadi va yakor yoyilmasi bo'yicha geometrik neytralni bir-biridan τ masofada joylashtirib, qutblarning ta'sir zonasi chegaralanadi. Qutbning eni (b_m) taxminan $b_m = 0,8\tau_z$ ga teng qilib olinadi;

d) yakorga hamma sektsiyalarni oldin anqlangan y_1, y, y_2, y_k qadamlar bo'yicha joylashtirib chiqiladi;

e) cho'tkalar joyiga qo'yiladi va ularning qutbligi (ishorasi) aniqlanadi. Buning uchun yakorning aylanishi yo'nalishi va qutblarning ishorasi ixtiyoriy tanlanadi. So'ngra "o'ng qo'l" qoidasiga ko'ra yakor chulg'amining o'tkazgichlari EYKlarining yo'nalishi aniqlanadi (3-rasmga qarang);

j) bir nechta tenglashtiruvchi ulanishlar qo'yib chiqiladi.

4. Chulg'amning yoyilgan sxemesiga ko'ra prinsipial elektr sxemasi tuziladi. Bu sxema chizishni ixtiyoriy cho'tkadan boshlash va shu cho'tkaning o'zida tugallash kerak.

5. Sektsiyalar EYKlari vektorlarining yulduzi (zarurat bo'lganida pazlar EYKlari – sektsiyalar tomonlari EYKlarining yulduzi) va EYKlar ko'pburchagi quriladi (5,7,8 – rasmlarga qarang).

Oddiy o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'amni qurish misolini ko'rib chiqamiz.

1-misol. Oddiy o'ng yo'lli ikki qatlamli sirtmoqsimon chulg'am quyidagi malumotlari bilan berilgan: $Z = 18$, $2p = 4$, $u_n = 1$. Sektsiya bir o'ramli. Yuqorida aytib o'tilgan (1-5) bandlarni bajarish talab etiladi.

Yechishga doir metodik ko'rsatmalar.

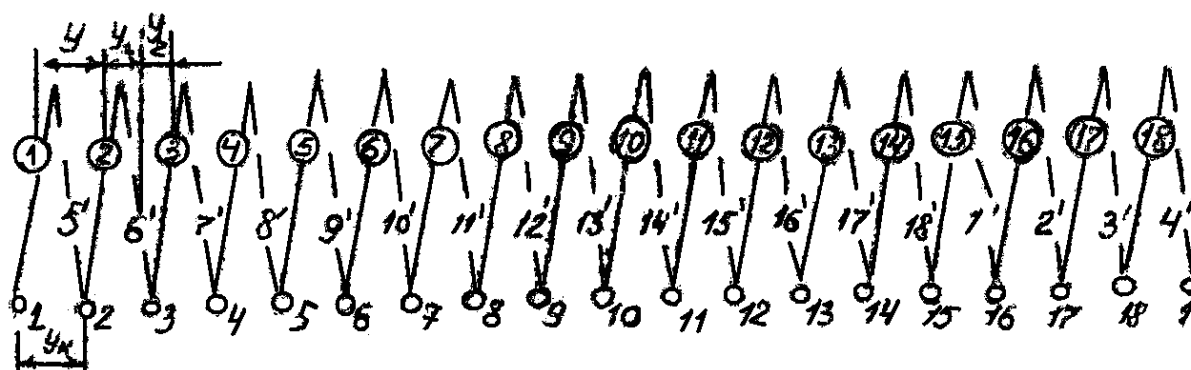
Oddiy o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'am uchun (6) formulaga muvofiq $y = y_k = \pm 1$ ni aniqlaymiz. $u_n = 1$ bo'lgani uchun (3) formulaga ko'ra $Z_9 = Z = S = K = 18$ ega bo'lamiz. (7) va (8) formulalarga ko'ra chulg'amning birinchi y_1 va ikkinchi y_2 qadamlarini hisoblaymiz.

$$y_1 = Z_9 / (2p) \pm \varepsilon = 18 / 4 \pm 2/4 = 4 \frac{1}{2} \pm 1/2.$$

Chulg'am qadami butun son bo'lishi shart, shu boisdan $y_1 = 4$ deb qabul qilamiz, ya'ni qisqartirilgan qadam olamiz. $y_2 = y_1 - 1 = 4 - 1 = 3$.

Jadval tuzish qulay bo'lishi uchun elementar pazlarining yuqorigi qatlamida yotuvchi sektsiyalarning 1-tomonlari bilan ulangan kollektor plastinalarini (2-rasmning pastidagi nuqtalar) bir xil raqamlar bilan belgilaymiz. Kollektor plastinasi 1 dan boshlaymiz. Uni 1-sektsiyaning (yuqorigi qatlam) boshi bilan tutash chiziq yordamida birlashtiramiz. Bu sektsiyaning ikkinchi tomoni (oxiri) $1 + y_1 = 1 + 4 = 5$ - elementar pazning

pastki qatlamida yotadi va kollektor plastinasi $5-y_2=5-3=2$ ga punktir chiziq bilan ulanadi. Xuddi shu plastinaga 2-sektsiyaning boshi 2 ni ulaymiz, so'ngra yana $y_1=4$ qadam tashlab, bu sektsiyaning oxirini $2+y_1=2+4=6$ - elementar pazning pastki qatlamiga joylashtiramiz va hokazo. Nihoyat so'nggi - 18 - sektsiyaning boshini 18-elementar pazning yuqorigi qatlamiga, oxirini esa 4-pazning pastki qatlamiga joylashtiramiz va 1-chulg'am boshlangan kollektor plastinaga ulaymiz. Natijada chulg'am butunlay tutashtirilgan bo'ladi (2 va 3 - rasmlarga qarang). Shtrixli raqamlar, nomerlari chap tomondagi doirachalarda ko'rsatilgan, sektsiyalarning oxirlari qaysi elementar pazlarda yotishini ko'rsatadi.



2-rasm. Oddiy sirtmoqsimon chulg'am sektsiyalari tomonlari va kollektor plastinalarining ulanishlar jadvali

Chulg'amni yoyilgan sxema tarzida chizish uchun tekislikda $Z=18$ ta vertikal to'g'ri chiziqlar o'tkazamiz, ular elementar pazlarni tasvirlaydi. Bunda tutash chiziqlar sektsiyaning birinchi faol tomonini, ya'ni pazdagi chulg'amning yuqorigi qatlamini, punktir chiziqlar esa shu pazda joylashgan boshqa sektsiyaning ikkinchi faol tomonini ifodalaydi. Yaqqollik uchun tutash va punktir chiziqlar yonma-yon chiziladi. Sektsiyalarni (ularning boshi bo'yicha) va kollektorlarni chapdan o'ngga tomon nomerlaymiz.

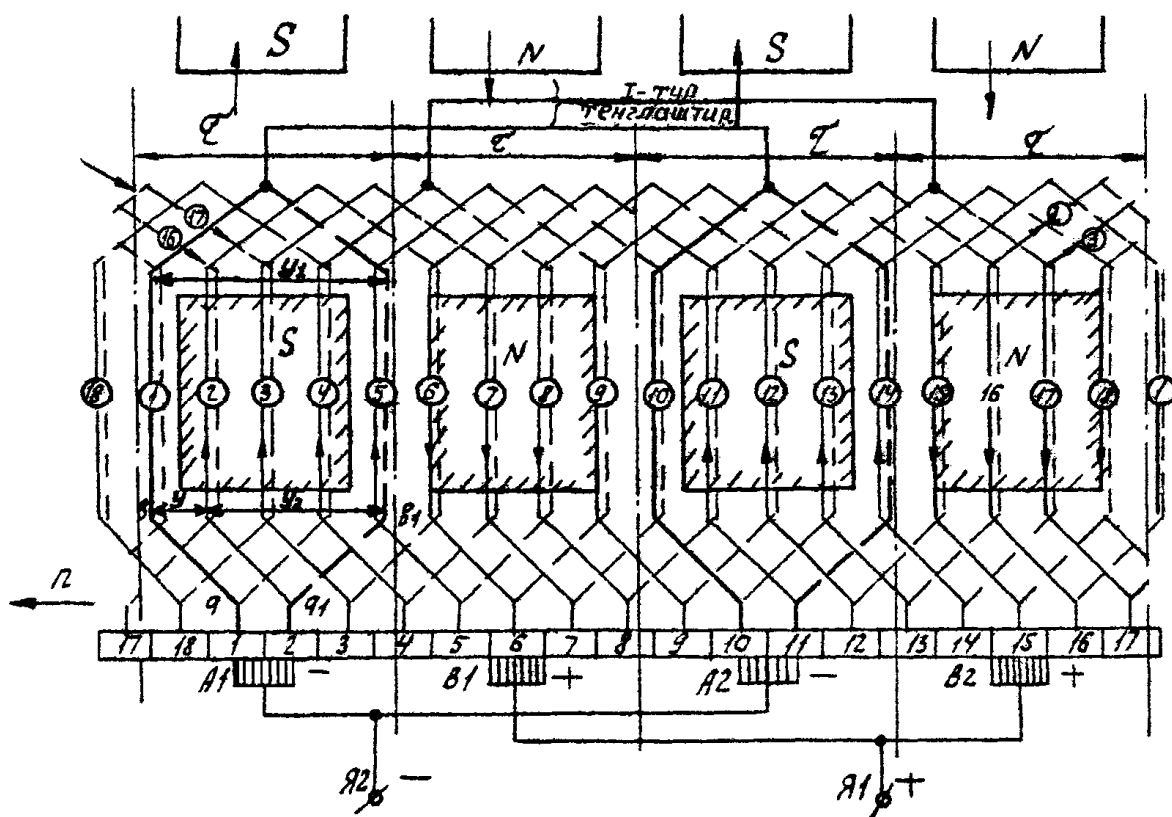
Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda kollektor plastinalari quyidagicha joylashadi. Masalan, 1 - kollektor plastinasini simmetrik joylashtirish uchun quyidagi shartlar bajarilishi zarur: a) 1 va 2 - kollektor plastinalarini ajratib turuvchi chiziq oddiy chulg'amlarda 1-sektsiya o'qi bilan ustma-ust tushishi kerak; b) sektsiyaning har ikki uchlarining uzunligi bir xil, ya'ni $ab = a_1b_1$ bo'lishi kerak (3-rasmga qarang).

Barcha ulanishlar 2-rasmda ko'rsatilgan jadvalga muvofiq bajariladi. Yoyilgan sxemaning tepasida (3-rasmga qarang) yaqqollik uchun doiracha ichiga olingan raqamli chiziqlar strelkalar sifatida ko'rsatilgan bo'lib, ularning qaysi elementar pazlar bilan ulanishini bildiradi.

Bizning misolimizda yoyilma chizig'i 18 va 1-pazlar orasida joylashgan geometrik neytral bilan ustma-ust tushadi (3-rasmga qarang).

Barcha sektsiyalar ulanib bo'lganidan keyin sxemada qutblar tasvirlanadi, ularning o'rtasi bir-biridan τ masofada bo'ladi.

Kuch chiziqlarining yo'nalishini odatda shimoliy qutb N dan yakor chulg'ami tomon chiqib, janubiy qutb S ga kiradigan qilib olinadi. Yakor soat sterelkasi harakatiga qarama-qarshi yo'naladi deb olamiz, EYKlarning yo'nalishini esa qulaylik uchun faqat sektsiyaning yuqorigi qatlamlarida ko'rsatish tavsiya etiladi.



3-rasm. Oddiy o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi
($S=K=18$, $2p=4$, $u_n=1$)

Cho'tkalar kollektorda qanday joylashtiriladi?

Sxemaning eng muhim jihatlaridan biri, unda cho'tkalarning to'g'ri joylashtirilishidir. Cho'tkalarni kollektorning aylanasi bo'ylab geometrik neytralda mutlaqo bir tekis o'rnatish zarur. Bunda yakordagi neytral bilan kollektordagi neytralni bir-biridan ajrata bilish zarur.

Yakordagi neytral – mashinaning geometrik neytrali, kollektordagi neytral esa mazkur choʻtkaning roʻparasidagi qutb oʻqi bilan ustma-ust tushadigan chiziqlar.

Shuni taʼkidlash kerakki, choʻlgʻamning qadami toʻla boʻlgandagina sektsiyalarning tomonlari geometrik neytral chiziqlari bilan ustma-ust tushadi, boshqa hollarda, masalan, qadam qisqartirilgan boʻlsa, u holda bu tomonlar geometrik neytrallar yaqinida yotadi. Sektsiyaning tirsak qismi simmetrik ulangan boʻlsa choʻtkalar kollektorga qutblarning oʻqi boʻyicha oʻrnatiladi. Koʻrib chiqilayotgan onda choʻtkalar orqali qisqa tutashgan sektsiyalar neytral zonalarda yotadi. Bu sektsiyalar yoyilgan sxemada yoʻgʻonlashtirilgan chiziqlar bilan koʻrsatilgan (3-rasmga qarang).

Qolgan qutblar va choʻtkalarning oʻqlari biri undan keyingisidan 180 elek. gradusli yoy masofasida turishi, yaʼni qutblar $Z_9/(2p)$ sektsiya masofasida (bizning misolda $18/4 = 4\frac{1}{2}$ sektsiya), choʻtkalar esa $K/(2p)$ kollektor plastinalari masofada turishi kerak (bizning misolda $18/4 = 4\frac{1}{2}$ kollektor plastinalari).

Oddiy sirtmoqsimon chulgʻamda choʻtkalar soni doimo qutblar soni $(2p)$ ga teng.

2- Amaliyot mashgʻuloti. Choʻtkalarning ishoralarini qoʻyish

Choʻtkalarning ishoralari qanday aniqlanadi?

EYKlar yoʻnalishi aniqlangandan keyin choʻtkalarning ishorasini topamiz, bunda tashqi zanjirga tok beradigan choʻtkalar musbat ishorali boʻladi (bizning misolda B_1 va B_2 choʻtkalar), qolgan choʻtkalar (A_1 va A_2) esa manfiy hisoblanadi. Bir xil ishorali choʻtkalar parallel va mashinaning tegishli qisqachalariga ulanadi.

Shuni esda tutish kerakki, oʻng yoʻlli sirtmoqsimon chulgʻamda yakor soat strelkasi harakati boʻylab aylanganida janubiy qutblar ostida musbat ishorali choʻtkalar joylashadi. Yakor teskari yoʻnalishda aylanganida yoki chap yoʻlli chulgʻamda janubiy qutblar ostida joylashgan choʻtkalar manfiy ishorali boʻladi.

Oddiy chulgʻamlarda choʻtka enini qanday olish kerak?

Oddiy chulgʻamlarning sxemalarida choʻtkalarning enini bitta kollektor plastinasining eniga teng qilib olish zarur.

Parallel shoxobcha nima va uni qanday aniqlash mumkin?

To'rtta cho'tkani to'rtta qutbning ostiga o'rnatib va sxema bo'yicha yakor chulg'amning seksiyalarida (3-rasm) EYK (yoki tokning) yo'nalishini kuzatib, oddiy sirtmoqsimon chulg'amning parallel shoxobchalari sonini aniqlash mumkin.

Parallel shoxobcha chulg'amning ikkita turli ishorali qo'shni cho'tkalari orasida ketma-ket ulangan, hamda EYKi (yoki toki) bir xil yo'nalishga ega bo'lgan, bir nechta seksiyadan iborat qismdir.

Parallel shoxobchalarda seksiyalarning taqsimlanishini chulg'amning prinsipial sxemasida ko'rsatamiz (4-rasm). Bunday taqsimlanish vaqtning bir oni uchun to'g'ridir, chunki yakor–aylanib turganida bir parallel shoxobcha tarkibidagi seksiyalar o'zgarib turadi.

Parallel shoxobchalar ulanishlarning elektr sxemasi 3-rasm yordamida quyidagi tartibda bajariladi. Qog'oz varag'ining chap tomonida bir xil ishoradagi (faraz qilaylik manfiy) cho'tkalar va ular tegib turgan kollektor plastinalari ko'rsatiladi, o'ng tomonida esa musbat ishorali cho'tkalar joylashtiriladi. So'ngra seksiya 1 dan boshlab chulg'am seksiyalarini aylanib chiqish boshlanadi. Bu seksiya ko'rilayotgan onda A_1 cho'tka bilan qisqa tutashgan bo'ladi va shuning uchun u ish seksiyasi bo'la olmaydi. Keyin 2,3,4, va 5-seksiyalari keladi, ular o'zaro ketma-ket ulanadi va bitta parallel shoxobchani hosil qiladi. 5-seksiya musbat ishorali B_1 cho'tka o'rnatilgan 6-kollektor plastinasi bilan ulanadi. Xuddi shu tartibda butun chug'am aylanib chiqiladi.

Bizning misolda to'rtta parallel shoxobchali elektr sxema hosil qildik: 2,3,4, va 5-seksiyalar birinchi parallel shoxobchani; 6,7,8,va 9-seksiyalar ikkinchi parallel shoxobchani; 11,12,13 va 14-seksiyalar uchinchi parallel shoxobchani; 15,16,17 va 18-seksiyalar to'rtinchi parallel shoxobchani hosil qiladi (4-rasm qarang).

Bu sxema chulg'amning parallel shoxobchalari sonini yaqqol ko'rsatadi. Sxemadagi "B" ba "O" harflari tegishlicha seksiyaning boshi va oxirini bildiradi.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda parallel shoxobchalar soni doimo mashina qutblari soniga teng bo'ladi, ya'ni

$$2a = 2p. \quad (10)$$

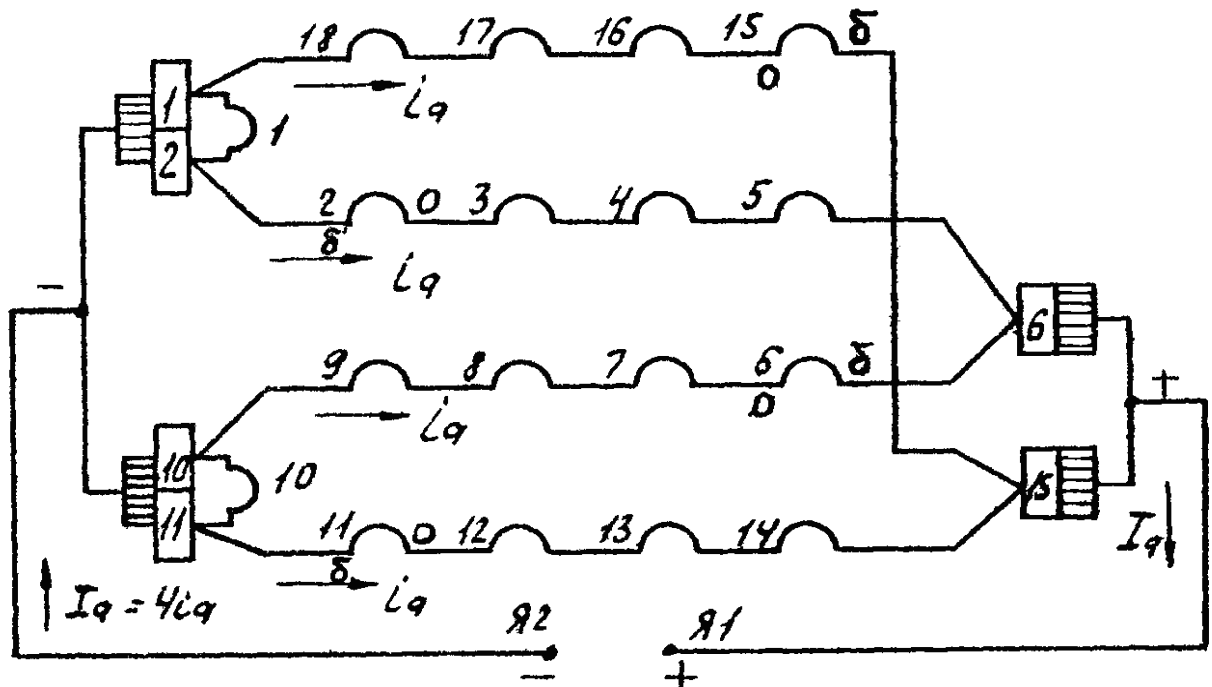
3- Amaliyot mashg'uloti. Sektsiya EYK vektorining yo'nalishini aniqlash

Sektsiya EYK vektorining yo'nalishi qanday aniqlanadi?

Agar ko'rilayotgan onda sektsiyalarning tomonlaridan birortasi ham qutb o'qi bilan mos tushmasa, u holda sektsiyalar EYKi yulduzini qurishni geometrik neytral zonasida yotgan sektsiyalarning biridan boshlash (bizning misolda 1-sektsiya) va uning EYKi vektorining yo'nalishini neytralga nisbatan mo'ljallab olish kerak. Agar mos tushsa, shu sektsiyaning EYKi vektorini geometrik neytral bo'yicha yo'naltiriladi xolos.

3-rasmda geometrik neytralning bir chizig'i 18 va 1-elementar pazlar orasidan o'tib 1-elementar pazdan tish bo'linmasining 1/4 qismiga teng masofada yotadi. Shuning uchun vektor diagrammada (5-rasm, b ga qarang) 1- sektsiya birinchi faol tomoning EYKi vektori soat strelkasi harakati yo'nalishi bo'yicha geometrik neytralda $\alpha/4$ masofaga surilgan bo'ladi. Bu yerda α ikki qo'shni pazlar orasidagi siljish burchagi bo'lib, u quyidagi ifodadan topiladi:

$$\alpha = (360 p)/S \quad (11)$$



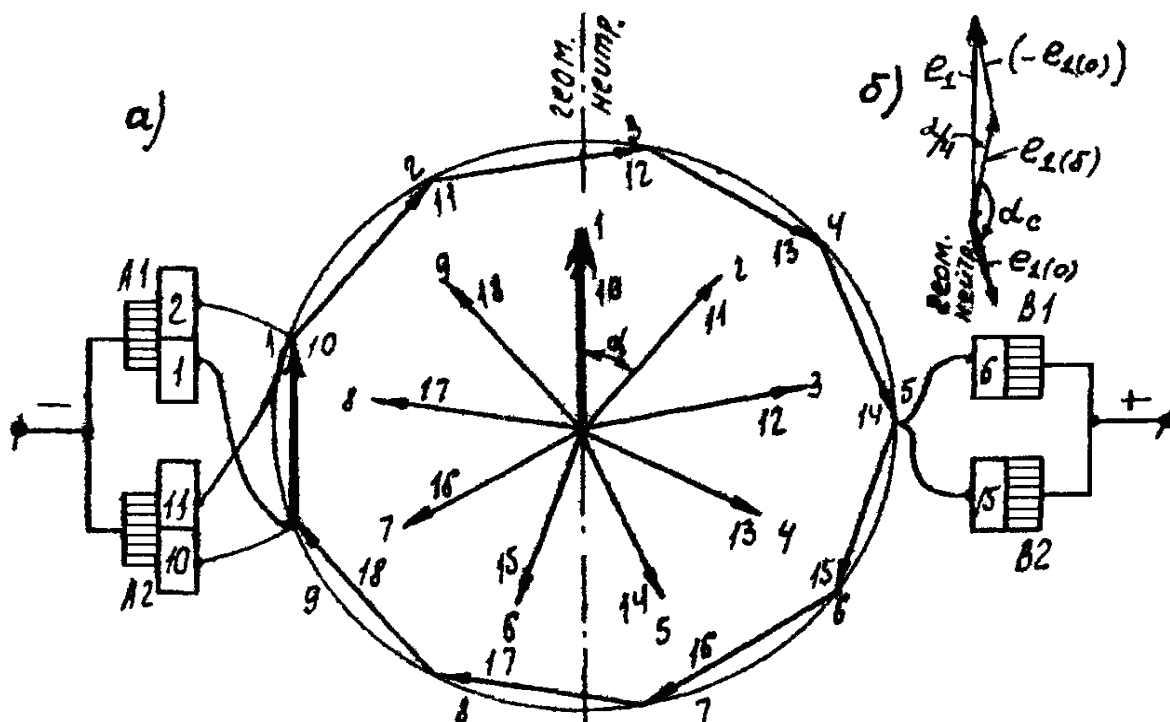
4-rasm. 3-rasmda ko'rsatilgan chulg'am parallel shoxobchalari ulanishlarining printsiplial elektr sxemasi

1-sektsiya EYKining yoʻnalishi topiladi vektor diagramma quyidagicha quriladi. 1-pazda yotgan shu sektsiyaning birinchi faol tomonida hosil boʻlgan EYK vektori $e_{1(\delta)}$ geometrik neytral chizigʻiga nisbatan $\alpha/4$ burchak ostida oʻlchab qoʻyiladi. 5-pazda 1-sektsiyaning ikkinchi faol tomonida hosil boʻlgan EYK vektori $e_{1(0)}$ vektor $e_{1(\delta)}$ ga nisbatan α_c burchak ostida yoʻnaltiriladi. Bu burchak quyidagicha topiladi:

$$\alpha_c = y_{1z} \cdot \alpha = 4 \cdot (360 \cdot 2) / 18 = 160^\circ \text{ el},$$

bu yerda $y_{1z} = 4$ - chulgʻaming real pazlar boʻyicha qadami.

Elektr mashinalarida sektsiyalarning tomonlari hamma vaqt shunday ulanadiki, bunda 1-pazning yuqorigi qatlamida turgan birinchi tomonning oxiriga shu sektsiya ikkinchi tomonining oxiri ulanadi, bizning holda bu tomon 5-pazning pastki qatlamida (yaʼni chulgʻam qadami y_1 ga teng masofada) yotadi. Tomonlarning bunday ulanishida sektsiyalar EYKlarining yoʻnalishi mazkur sektsiyalar tomonlari EYKlarining vektorlari $e_{1(\delta)}$ va $e_{1(0)}$ larning ayirmasi sifatida aniqlanadi. Shuning uchun $e_{1(0)}$ vektorni 180° ga buramiz va $e_{1(\delta)}$ vektorning oxiridan ($-e_{1(0)}$) vektorni oʻtkazamiz; ($-e_{1(0)}$) vektorning oxirini koordinatalar boshi bilan birlashtirsak, 1-sektsiyaning natijaviy EYKi e_1 ni hosil qilamiz.



5-rasm. a) 3-rasmda tasvirlangan chulgʻam sektsiyalar EYKlarining yulduzi va koʻpburchagi; b) 1-sektsiya EYKining yoʻnalishini aniqlash uchun vektor diagramma

Vektor diagramma yordamida (5-rasm, *b*) 1-sektsiya natijaviy EYKi vektori e_1 ning huddi shu sektsiya birinchi faol tomonining EYKi vektori $e_{1(\delta)}$ dan siljish burchagining kattaligini topish mumkin.

Sektsiyalar EYKlarining yulduzini qanday qurish mumkin?

Bizning misolimizda 1-sektsiyaning EYKi vektori tasodifan geometrik neytral bilan mos tushdi. Undan keyingi sektsiyalarning EYKlari vektorlari bir-biriga nisbatan α burchakka surilgan (5-rasm, *a* ga qarang).

Sektsiyalar EYKlarining yulduzi Z_9 ta vektorga ega, biroq ayrim teng potentsialli vektorlar faza bo'yicha mos kelishi mumkin va bunda vektorlar soni Z_9 dan kam bo'lishi mumkin.

Quyidagi

$$Z_9/p = b.s. \text{ (butun son)} \quad (12)$$

shart bajarilganida vektorlar soni shu kattalikka teng bo'ladi va diagramma bir-biriga ustma-ust tushadigan " p " ta sektsiyalar EYKlarining yulduzlaridan va ko'pburchaklaridan iborat bo'ladi (5-rasm, *a*).

Chulg'am sektsiyalari EYKlarining ko'pburchagi qanday quriladi?

Sektsiyalar EYKlari yulduzidan foydalanib, chulg'am sektsiyalari EYKlarining ko'pburchagini qurish mumkin. Bunda sektsiyalarning EYKlari chulg'am sxemasi bo'yicha qaysi sektsiyada joylashgan bo'lsa, o'sha tartibda qo'shiladi.

Shunday ko'pburchak 3-rasmda ko'rsatilgan chulg'am sektsiyalari EYKlarining yulduzi bilan birga 5-rasmda tasvirlangan.

Ko'pburchakni qurish sektsiyalar EYKlarining yulduziga tashqi chizilgan yordamchi aylana chizishdan boshlanadi. So'ngra aylanani Z/p qismga bo'linadi. Bunda aylanani qismlarga bo'lish shunday boshlanadiki, aylanadagi 1-kesma sektsiyalar yulduzidagi 1-vektorga parallel bo'lsin, bu kesmaning oxiridan esa soat sterelkasining harakati yo'nalishida 2-vektorga parallel kesma o'tkaziladi va hokazo.

Bizning misolimizda qo'shni sektsiyalar EYKlarining vektorlari o'zidan avvalgisidan $\alpha=40^\circ$ ga surilganligi sababli, $Z/p=18/2=9$ ta sektsiyaning vektorlari qurilganidan keyin EYKlar ko'pburchagi tushadi. Qolgan 9 ta sektsiya aylanib chiqilganidan keyin ikkinchi ko'pburchak hosil bo'ladi, u birinchi ko'pburchak bilan ustma-ust tushadi; shuning uchun har qaysi vektor ikkita raqam bilan belgilangan: 1, 10; 2, 11 va hokazo.

EYKlarning har qaysi ko'pburchagi parallel shoxobchalarning bir juftiga to'g'ri keladi. Bir shoxobcha sektsiyalari vektorlarining yoki ko'pburchak yarmining cho'tkalar o'qiga proektsiyasi shoxobchaning yoki butun chulg'amning EYKiga teng bo'ladi (chunki chulg'amning EYKi bitta parallel shoxobchaning EYKiga teng).

Har ikki ko'pburchak vektorlarining 5-rasm, a da ko'rsatilgandek ustma-ust tushishi (mos kelishi) chulg'amda teng potentsialli nuqtalar borligidan dalolat beradi. Masalan 1 va 10; 2 va 11 va hokazo kollektor plastinalari teng potentsiallarga ega. Bunday teng potentsialli kollektor plastinalariga mos keladigan sektsiya tomonlari bir xildagi magnit maydonida joylashgan bo'ladi.

2.2. Chulg'amlarning simmetriya shartlari

Mashinaning ishlashiga eng yaxshi sharoitlar yaratib berish uchun chulg'amning hamma parallel shoxobchalarining EYKlari va ularning qarshiliklari bir xil bo'lishi, buning uchun esa quydagi shartlar qondirilishi zarur:

1) mashinaning magnit sistemasi simmetrik va hamma qutblarning oqimlari teng bo'lishi kerak;

2) chulg'amning hamma juft parallel shoxobchalari ekvivalent bo'lishi, ya'ni ular bir xil magnit sharoitida bo'lishi kerak.

Bu talablarni qondiruvchi chulg'am simmetrik chulg'am deyiladi. Chulg'amning har qaysi juft parallel shoxobchalari butun son (b.s.)ga teng bo'lgan sektsiyalar va kollektor plastinalari bo'lishi kerak:

$$S/a = K/a = b.s. \quad (13)$$

Chulg'amlarning pazlarga joylashtirilishi chulg'am paralel shoxobchalarining magnit maydonida simmetrikligiga qo'shimcha talablar qo'ydi. Buning uchun har qaysi parallel shoxobchaning sektsiyalari yakorda bir xil sondagi pazlarni egallashi kerak, yani

$$Z/a = b.s. \quad (14)$$

bu yerda Z - yakordagi real pazlar soni.

Chulg'amning simmetrik joylashgan parallel shoxobchalari magnit maydonida bir xil vaziyatda bo'ladilar. Bu hol quyidagi shart bajarilganda yuz beradi:

$$2p/a = b.s. \quad (15)$$

(13), (14) va (15) munosabatlar chulg'amning simmetriya shartlaridir.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'am simmetrik bo'lishi uchun faqat birinchi ikki shart bajarilsa kifoya, chunki bunda 3-shart (15) o'z-o'zidan bajariladi.

Yuqorida aytib o'tilgan simmetriya shartlari bajarilmasa chulg'am asimmetrik bo'lib, undan mashinaning ishini yomonlashtiruvchi tenglashtiruvchi toklar cho'tkalardan o'tadi.

2.3. Birinchi tur tenglashtiruvchi ulanishlar

Bunday tenglashtiruvchi ulanishlar oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarda bir xil qutb ostida yotgan chulg'am parallel shoxobchalaridagi potentsiallarni tenglashtirish uchun qo'llaniladi. Tajribalar ko'rsatadiki, chulg'am simmetriya shartlariga hatto aniq rioya qilingan hollarda ham uning ayrim shoxobchalarida EYKlar bir xil bo'lmasligi mumkin.

Bunga mashinani tayyorlashdagi texnologik nuqsonlar sabab bo'ladi. Natijada hatto generatorning yuksiz ishlaganida ham chulg'am ichida tenglashtiruvchi toklar I_{teng} o'tib, ular bir xil ishorali cho'tkalar va ular ulangan simlar orqali tutashadi.

Cho'tkalardagi tenglashtiruvchi toklarni kamaytirish va bu toklar chulg'amining ichkarisida tutushuviga imkon yaratish uchun chulg'am tenglashtiruvchi ulanishlar bilan ta'minlanadi (ularni tenglashtiruvchilar deb ham yuritiladi).

Chulg'amlardan o'tayotgan tenglashtiruvchi toklar o'zgaruvchan bo'ladi va Lents qoidasiga muvofiq magnit maydon hosil qiladi, bu maydon qutb oqimlaridagi tengsizlikni yo'qotishga intiladi. Shuning uchun tenglashtiruvchilarning mavjudligi tenglashtiruvchi toklarning ancha zaiflashiga olib keladi.

Tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?

Teng potentsialli qo'shni nuqtalar orasidagi masofa potentsial qadam y_n bilan aniqlanadi, bu qadam parallel shoxobchalarning bir juftiga mos keladigan sektsiyalar soni yoki kollektor bo'linmalari soni bilan o'lchanadi, yani

$$y_n = S/a = K/a = K/p. \quad (16)$$

Endi chulg'amning 1-misolda keltirilgan hamma simmetriya shartlarini tekshiramiz (3-rasmga qarang):

$$S/a = K/a = 18/2 = 9 = b.s.; \quad Z/a = 18/2 = 9 = b.s.$$

$$2p/a = 4/2 = 2 = b.s.,$$

binobarin, hamma simmetriya shartlariga rioya qilingan.

Potensial qadam yoki 1-tur tenglashtiruvchining qadami quyidagiga teng:

$$y_{teng.1} = y_n = S/a = K/a = 18/2 = 9. \quad (17)$$

Demak 1 va $1+y_n = 1+9 = 10$, 2 va $2+9 = 11$ va hokazo sektsiyalar teng potentsialli sektsiyalardir. Tenglashtiruvchilarning to'la soni quyidagiga teng:

$$N_{teng.} = K/a,$$

biroq kommutatsiya sharoitlari nisbatan engil bo'lgan mashinalarda odatda tenglashtiruvchilar soni $(1/3 \div 1/4)N$ gacha, yoki bir-ikkita pazga bitta tenglashtiruvchi hisobodan kamaytiriladi ($u_n > 1$ bo'lganida)

2.4. Murakkab (ko'p yo'lli) sirtmoqsimon chulg'am

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amni biz ko'rib o'tgan oddiy chulg'am asosida o'rganamiz.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda parallel shoxobchalar soni mashina qutblari soni teng. Demak, past kuchlanishli va yakor toki katta bo'lgan mashinalarda talab etilgandek parallel shoxobchalar soni ko'p bo'lgan chulg'am hosil qilish zarur bo'lib qolsa, u holda mashinani ko'p qutbli qilishga, ya'ni qutblar sonini oddiy sirtmoqsimon chulg'amli mashinadagidan 2, 3 va hatto undan ko'proq oshirishga to'g'ri kelardi. Bitta mashinada qutblar sonini ko'paytirish - mashina o'lchamlarining kattalashuviga, binobarin, uning narxi oshishiga olib kelgan bo'lardi. Shuning uchun parallel qutblari soni ko'p bo'lgan chulg'am hosil qilish uchun murakkab (ko'p yo'lli) chulg'amdan foydalanadi. Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda yo'llar soni $m=1$ ga teng bo'lib, bir kollektorga ulangan murakkab chulg'amni esa bir necha ($m=2, 3$) oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarning yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. Bo'nday chulg'am murakkab parallel chulg'am deb ataladi.

Quyida o'ng o'ralgan, ikki yo'lli ($m=2$) sirtmoqsimon chulg'amni ko'rib chiqamiz, chunki shunday chulg'am amalda ko'proq ishlatiladi.

O'zgaras tok generatori chulg'amidagi tokni tashqi zanjirga uzatadigan cho'tkalarining eni kollektorga bo'linmasining 2 tasiga teng bo'lishi kerak (chunki $m=2$). Bu holda oddiy sirtmoqsimon chulg'amlar parallel ulanadi. Buning natijasida murakkab sirtmoqsimon chulg'amning parallel shoxobchalari soni ikki marta ortadi. Umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$2a = 2p \cdot m. \quad (18)$$

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda elementar pazlar bo'yicha natijaviy qadam va kollektor bo'yicha qadam chulg'am yo'llari soniga teng, ya'ni

$$y = y_k = \pm m. \quad (19)$$

Bunday chulg'amning qolgan qadamlari y_1 va y_2 oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagidek, (7) va (8) formulalar bilan hisoblanadi.

Konkret misolda murakkab chulg'amning xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

2-misol. Quyidagi ma'lumotlar bo'yicha yakorning murakkab o'ng o'ralgan sirtmoqsimon chulg'ami bajarilsin: $Z=20$; $2p=4$; $Z_9 = S = K=20$; $u_n=1$; $m=2$. Sektsiyalar bir o'ramli.

Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

(18) formuladan chulg'am parallel shoxobchalarining sonini hisoblaymiz:

$$2a = 2p \cdot m = 4 \cdot 2 = 8, \text{ bundan } a = 4.$$

(13), (14) va (15) formulalarga muvofiq chulg'amning umumiy simmetriya shartlarini tekshiramiz:

$$1) S/a = 20/4 = 5 = b.s., \quad 2) Z/a = 20/4 = 5 = b.s.,$$

$$3) 2p/a = 4/4 = 1 = b.s.$$

Demak, hamma simmetriya shartlariga rioya qilingan.

Shuni ta'kidlash kerakki, agar murakkab sirtmoqsimon chulg'amda $m=2$ da K/p dan hosil bo'lgan bo'linma juft son bo'lsa, bu shartlarga rioya qilingan hisoblanadi.

(7) ga muvofiq chulg'amning birinchi qadamini aniqlaymiz.

$$y_1 = Z/(2p) \pm \varepsilon = 20/4 \pm 1 = 6.$$

ε soni musbat ishora bilan olinganligi sababli chulg'am qadami uzaytirilgan bo'ladi.

Chulg'amning natijaviy qadami $y = \pm m = +2$ ga teng, bu erda chulg'am o'ng o'ralgan bo'lganligi sababli musbat ishora olinadi.

Chulg'amning ikkinchi qadamini (8) bo'yicha hisoblaymiz.

$$y_2 = y_1 - y = 6 - 2 = 4.$$

Sektsiyalar tomonlarining ulanishlari jadvali huddi oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagidek tuziladi (2-rasmga qarang). Bunda ulanishlar 1-kollektor plastinasi va 1-sektsiyadan boshlanadi, hamma toq sektsiyalar va plastinalarni o'zaro ulab, chulg'amning birinchi yo'li 1-plastinada tutashtiriladi. Ikkinchi yo'lni 2-plastinadan boshlab, hamma

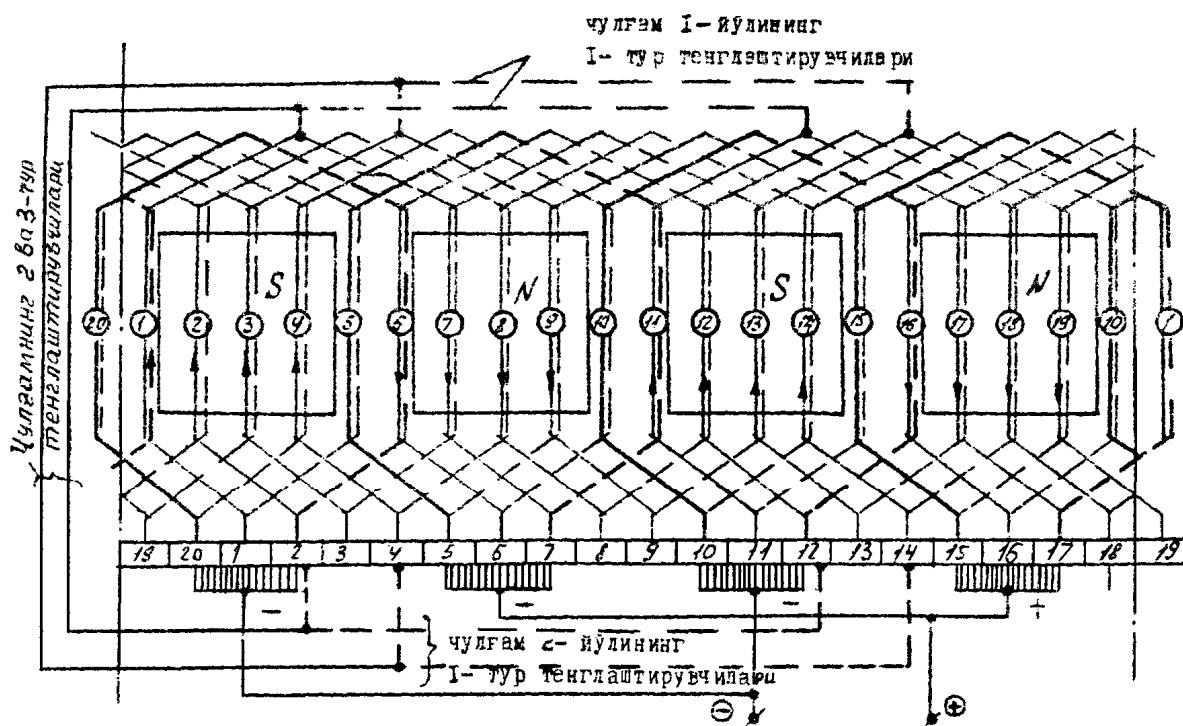
juft sektsiyalar va plastinalar ulanadi va chulg'amning ikkinchi yo'li 2-plastinada tutashtiriladi. Binobarin, sektsiyalar tomonlarining ulanishlar jadvali ikki qismdan iborat.

Agar kollektor plastinalari juft sonidan iborat bo'lsa (bizning misolda shunday), $y_k=2$ bo'lganda yakorda ikki bir xil mustaqil chulg'am hosil qilinadi. Bunday chulg'am ikki marta tutashgan chulg'am deyiladi.

Bu chulg'amning simmetriya sharti:

$$y_k = 2 \text{ da } K\text{-juft son.} \quad (20)$$

6-rasmda ikki yo'lli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, unda birinchi yo'l sektsiyalari toq nomerli kollektor plastinalariga, ikkinchi yo'l sektsiyalari esa juft nomerli kollektor plastinalariga ulanadi.



6-rasm. Ikki yo'lli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi:

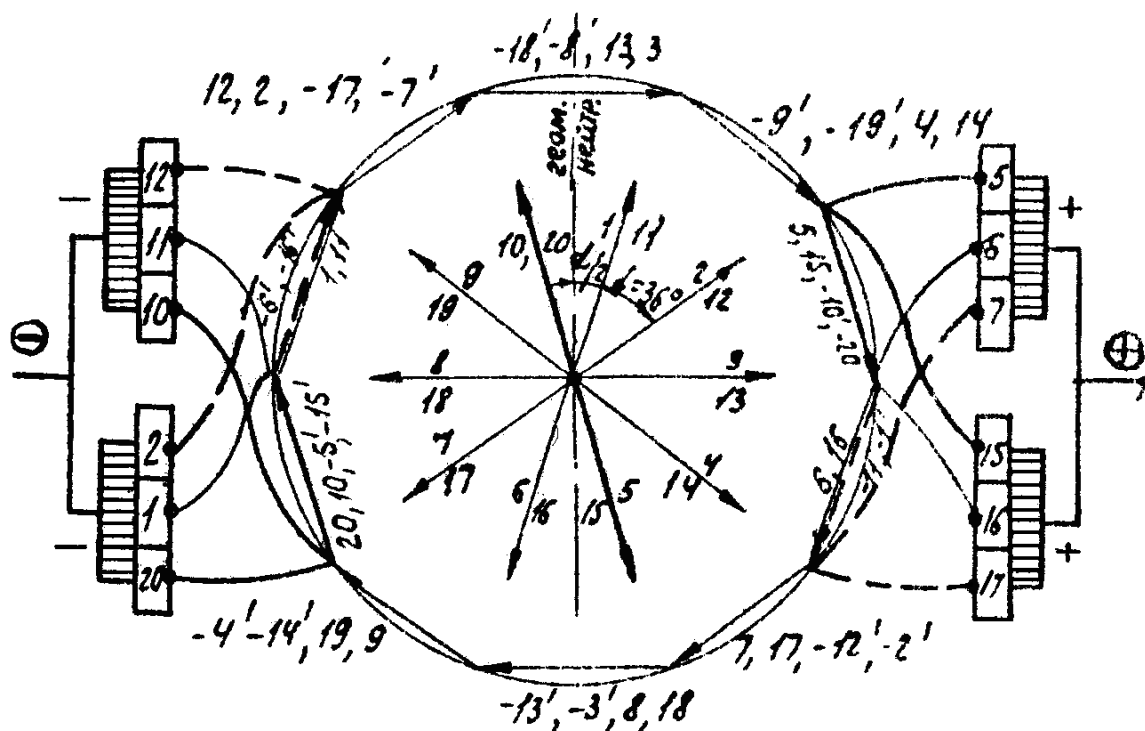
$$S = K = Z_p = 20, \quad 2p=4, \quad u_n=1, \quad Z = 20, \quad m=2$$

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda, oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagidek, cho'tkalar shunday joylashtiriladiki, ularning o'qlari qutblarning o'qlari bilan ustma-ust tushadi yoki ular yaqinida joylashadi.

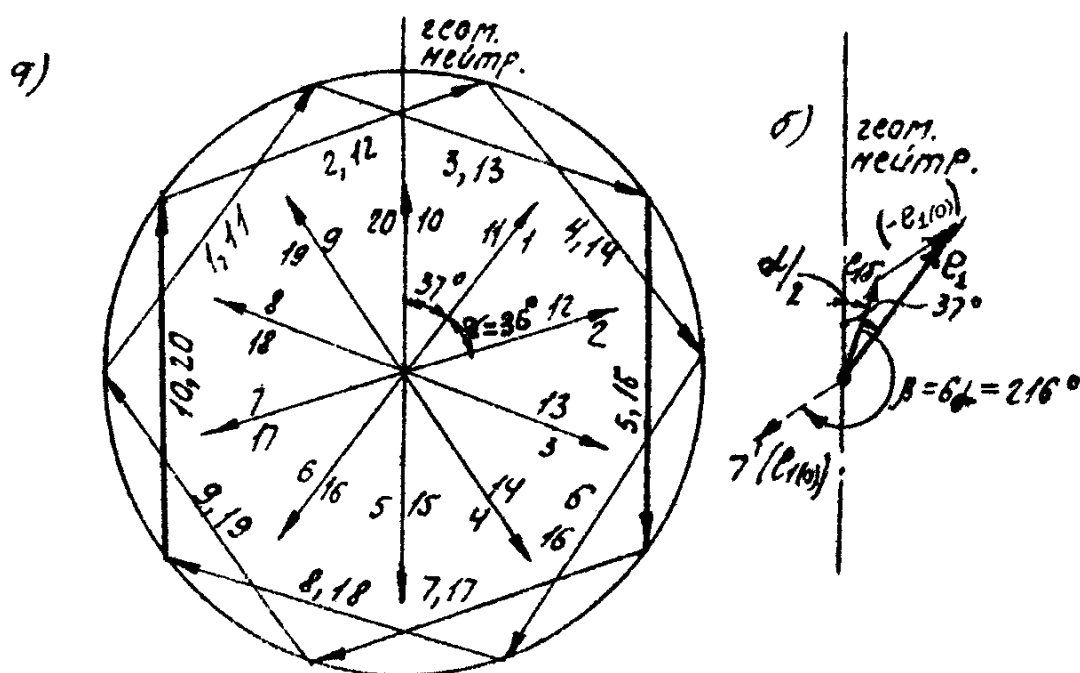
Chulg'am ikkinchi yo'lining 20-sektsiyasini qutbga nisbatan simmetrik joylashtiramiz, cho'tka bilan bu sektsiyani qisqa tutashtiramiz, 5, 10 va 15-sektsiyalar ham shu tarzda qisqa tutashtiriladi,

bular 6-rasmda yo'g'onlashtirilgan chiziqlar bilan tasvirlangan. Cho'tkalar chulg'amning har ikki yo'lini qoplaydi.

Parallel shoxobchalarni ulash sxemasi 4-rasmda ko'rsatilgandek bajariladi. Chulg'am sakkizta parallel shoxobchadan iborat bo'lib, ularning har qaysisi sektsiyalarning ikkita ketma-ket ulanishlari bilan hosil qilingan.



7-rasm. 6-rasmda tasvirlangan chulg'am sektsiyalari tomonlari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi



8-rasm. a) 6-rasmda tasvirlangan chulg'am sektsiyalari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi; b) 1-sektsiya EYKning yo'nalishini aniqlash

Ko'rilayotgan onda 5, 10, 15 va 20-sektsiyalar cho'tkalar orqali qisqa tutashadi va shoxobchalarning birortasiga ham kirmaydi.

8-rasmda EYKlar yulduzlari vektorlarining masshtabi EYKlar ko'pburchagidagi vektorlarning masshtabidan kichik. Ayni holda, biz ikki juft ko'pburchak hosil qilamiz. Barcha toq sektsiyalar bir-biriga qo'shiladigan 2 ko'pburchak hosil qiladi, barcha juft sektsiyalar esa bir-biriga qo'shiladigan yana 2 ko'pburchak hosil qiladi (7 va 8-rasmlarga qarang), biroq ko'pburchaklarning har qaysi jufti bir-biriga nisbatan $\alpha = 36^\circ$ ga siljigan bo'ladi, shuning uchun birinchi va ikkinchi yo'llarning boshlanishi ham shu burchakka siljigan (8-rasmga qarang). EYKning har qaysi ko'pburchagiga yakor chulg'aming bir juft parallel shoxobchasi mos kelganligi sababli, cho'tkalarga nisbatan (ular soni to'rtta) sakkizta parallel shoxobcha hosil bo'ladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, 8-rasmda ko'rsatilganidek, agar faqat sektsiyalarning EYKlarini tasvirlash bilan cheklanilsa, u holda EYKlar yulduzi va ko'pburchagini qurish soddalashadi. Biroq bu usul yakorning ikkinchi, kollektor tomoniga teskari bo'lgan tirsak tomondan sektsiya

tomonlarining potentsiallarini aniqlash zarurati bo'lmagan hollardagina yaroqlidir.

Tenglashtiruvchi ulanishlarni ulash uchun yakor chulg'amlarining teng potentsialli nuqtalarini aniqlash talab etiladi, bunday hollarda 7-rasmda ko'rsatilganidek, chulg'am sektsiyalari tomonlarining EYKlari yulduzi va ko'pburchagini qurish zarur.

2.5. Murakkab sirtmoqsimon chulg'amlardagi tenglashtiruvchi ulanishlar

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amli o'zgarmas tok mashinalarida birinchi tur tenglashtiruvchilar bilan bir qatorda, ikkinchi va uchinchi tur tenglashtiruvchilar ham qo'llaniladi.

Ikkinchi tur tenglashtiruvchilar kollektor bo'yicha kuchlanishni tekislash va alohida oddiy chulg'amlar (chulg'am yo'llari) o'rtasida toklarni bir tekis taqsimlash uchun xizmat qiladi.

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda 1-tur tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?

Buning uchun 6-rasmda ko'rsatilgan, chulg'ami ikki marta tutashtirilgan murakkab sirtmoqsimon chulg'amni tahlil qilamiz. EYKlar ko'pburchagidan ko'rinib turibdiki (7-rasmga qarang), 1-tur tenglashtiruvchilar uchun biz potentsial qadam $y_{\pi} = S/a = K/a = 20/2 = 10$ ga teng masofada joylashgan (bu formulada a ni bir oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagi parallel shoxobchalar soni deb tushunish kerak) teng potentsialli nuqtalarni birlashtirishimiz kerak. Shuning uchun chulg'amning birinchi yo'lini tashkil etuvchi 1 va 11, 3 va 13 va hokazo sektsiyalarni hamda chulg'amning ikkinchi yo'lini tashkil etuvchi 2 va 12, 4 va 14, va hokazo sektsiyalarni birlashtirishimiz kerak. Sxemani chiziqlar bilan to'ldirmaslik uchun 6-rasmda chulg'amning har qaysi yo'li uchun ikkitadan 1-tur tenglashtiruvchilari punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan: kollektor tomonidan – ikkinchi yo'l uchun, kollektorning qarama-qarshi tomonidan – birinchi yo'l uchun.

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda 2-tur tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?

6-rasmda 1-sektsiyaning uchlari qo'shni plastinalarga emas, balki bitta sektsiya oralatib, ya'ni 1 va 3-plastinalarga ulangan. Shunday qilib, qo'shni 1 va 2-kollektor plastinalari orasida to'la sektsiyaning emas, balki uning faqat yarmisining kuchlanishi mavjud bo'ladi. Qo'shni plastinalar orasida kuchlanishni to'g'ri taqsimlash uchun kollektorga

teskari tomondagi tirsak qismda turgan 1-sektsiyaning o'rtasini oraliq plastina 2 bilan ulash zarur. Binobarin, 2-tur tenglashtiruvchilar chulg'amning har ikki yo'lini o'zaro elektrik birlashtiradi.

2-tur tenglashtiruvchilar 1-tur tenglashtiruvchilar kabi kamaytirilgan sonda bajariladi, masalan, teng sektsiyali chulg'amda bitta pazga bittadan tenglashtiruvchi to'g'ri keladi.

Nima sababdan 8-rasmda ko'rsatilgan chulg'am uchun uzaytirilgan qadam tanlangan?

Haqiqatan, ba'zi hollarda chulg'amning birinchi yo'li (7) formula bo'yicha butun son chiqishiga qaramasdan ($y_1=6$) uni uzaytirilgan qadamli qilib tayyorlanadi. Chulg'am qadaming uzaytirilishi mis sarflashni ko'paytirishini oldin aytib o'tgan edik. Chulg'amning uzaytirilishidagi bu kamchilikka qaramasdan bunda mutlaqo bir xildagi ko'pburchaklar hosil qilishga imkon tug'iladi (8-rasmga qarang), bu esa 2-tur tenglashtiruvchilar yaratilishiga imkon beradi. Chunonchi, $V_1=7$ da EYKlar ko'pburchagida (8-rasm), 1, 11 va (-6), (-16); 3, 13 va (-8), (-18) nuqtalar teng potentsialli nuqtalar hisoblanadi, binobarin, ularni 2-tur tenglashtiruvchilar bilan ulash mumkin. Bu yerda shtrixsiz raqam bilan sektsiyalarning boshlanish tomonlari, shtrixli raqam bilan sektsiyalarning oxirgi tomonlari ko'rsatilgan, masalan, (-6) - 20-sektsiyaning oxirgi tomoni bo'lib, u plastina 2 bilan ulanadi. Raqam oldidagi manfiy ishora sektsiyaning ikkinchi tomonida hosil bo'ladigan EYK yo'nalishi ayni sektsiyaning birinchi tomonida hosil bo'lgan EYKga nisbatan qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi (chunki u boshqa qutb ostida joylashgan).

2-tur tenglashtiruvchi ulanishlarning qadami quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$y_{teng.2} = K/p. \quad (21)$$

Aytib o'tilganlardan ko'rinib turibdiki, 2-tur tenglashtiruvchilar yakorning har ikki tomonida joylashgan nuqtalarni birlashtiradi va shuning uchun ularni qurish juda katta qiyinchiliklar bilan bog'liq (chunki ular val bilan yakor po'lati orasiga joylashtiriladi.) Shu sababli ularning sonini kamaytirish zarur. Buning uchun kollektorga qarama-qarshi tomondan chulg'amning birinchi yo'li uchun 1-tur tenglashtiruvchilar, kollektor tomonidan esa chulg'amning ikkinchi yo'li uchun 1-tur tenglashtiruvchilar qilinadi. Bunda 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlar soni " p " marta kamayadi, bu erda p – mashina juft qutblari soni.

2.6. Sirtmoqsimon chulg'am turlari va ularning hossalari

2.6.1. Bir nechta sektsiya tomonlari bo'lgan oddiy sirtmoqsimon chulg'amlar

Oldin biz sektsiya tomoni pazda bitta bo'lgan ($u_n = 1$) oddiy sirtmoqsimon chulg'amni ko'rib chiqdik (3-rasmga qarang). Agar pazga yonma-yon qilib ikkita yoki bir nechta sektsiya tomonlari joylashtirilsa, u holda chulg'am quyidagicha bajarilishi mumkin:

a) teng sektsiyali; bunday chulg'amda hamma sektsiyalar bir xil o'lchamda bo'ladi (9-rasm, a ga qarang) va quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$y_1/u_n = b.s.; \quad (22)$$

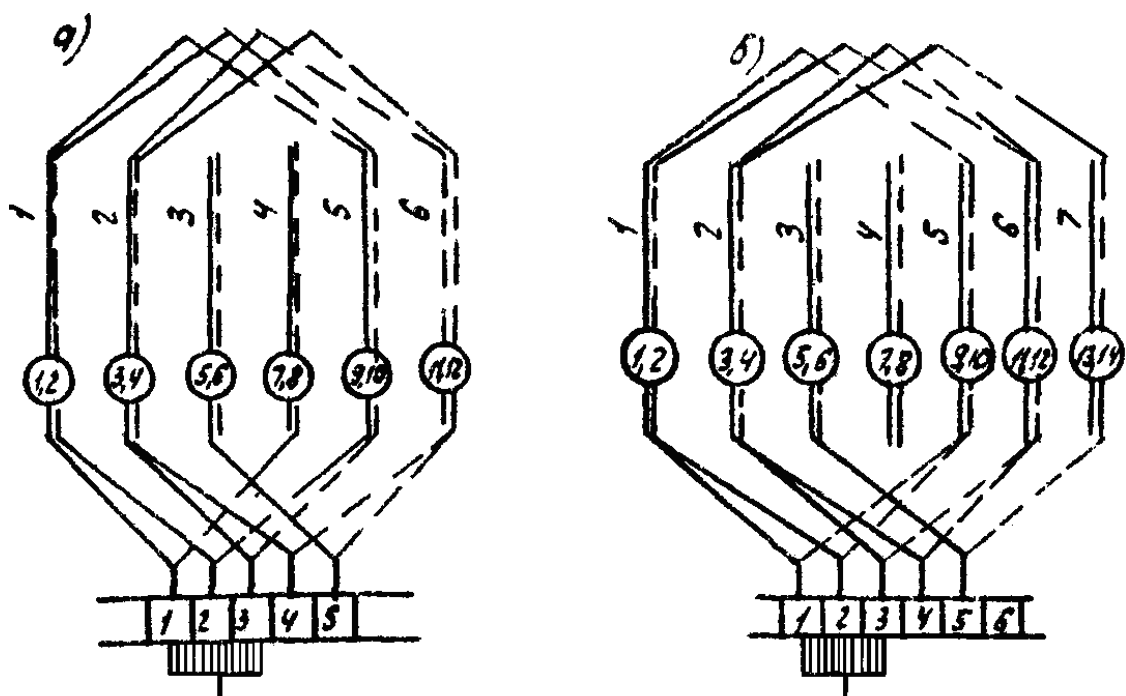
b) pog'onali; bunday chulg'amda ikkita yoki undan ortiq sektsiyalarning boshlanishi bitta pazda, ularning oxirlari esa turli pazlarda yotadi (9-rasm, b ga qarang). Bunda (22) shart bajarilmaydi, ya'ni

$$y_1/u_n \neq b.s. \quad (23)$$

Agar $2p = 4$, $Z = 18$, va $Z_3 = 36$ ning aynan bir xil qiymatlarida elementar pazlar bo'yicha qadamlarni $y_2 = y_1 - y = 9 - 1 = 8$ deb tanlasak, u holda chulg'am (23) – shartga muvofiq pog'anali bo'ladi, ya'ni $y_1/u_n = 9/2 = 4,5 \neq b.s.$ Bunda chulg'am tishlar bo'yicha ikki qiymatga ega bo'ladi: $y'_{1Z} = 4$ va $y''_{1Z} = 5$.

Birinchi tur tenglashtiruvchilar teng sektsiyali va pog'onali chulg'amlarda oddiy sirtmoqsimon chulg'amlardagidek bajariladi. Biroq, $S=K$ ikki marta ortganligidan tenglashtiruvchilarning qadami ham ikki karra ortadi.

9-rasm, a da teng sektsiyali chulg'amning yoyilgan sxemasining boshlang'ich qismi ko'rsatilgan. Bunda yuqoridagi raqamlar pazlarning nomerlarini, doiracha ichidagi raqamlar sektsiyalarning nomerlarini ko'rsatadi. Demak, har qaysi pazda yuqorigi qatlamda ikkitadan sektsiya tomonlari, pastki qatlamda ham ikkita sektsiya tomonlari yotadi. Bu rasmda ikkita sektsiya tomonlariga to'g'ri keladigan ikkita elementar paz o'rniga bitta vertikal chiziqli chizilgan (real pazlar soniga ko'ra).



9-rasm. $2p = 4$, $Z = 18$, $u_n = 2$, $Z_g = 36$, $y = y_k = 1$ bo'lgan oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarning sxemasini bajarish namunalari; a) teng sektsiyali; b) pog'onali

Sxemalarni tasvirlashning bunday varianti ayniqsa pazlarida ko'plab sektsiyalari bo'lgan o'zgarmas tok mashinalari chulg'amlari sxemalarini chizishda ularning yaqqolligini ta'minlaydi.

Teng sektsiyali chulg'amlarning sxemalarida cho'tkalarining eni ikki kollektor bo'linmasiga teng qilib olinadi.

Teng sektsiyali sirtmoqsimon chulg'amning qadamlari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\left. \begin{array}{l} 1) \text{ pazlar bo'yicha chulg'am qadamlari} \\ 2p > 2 \text{ bo'lganda } y_{1Z} = Z/(2p); \\ 2p = 2 \text{ bo'lganda } y_{1Z} = (Z/2) - 1; \end{array} \right\} \quad (24)$$

2) chulg'amning birinchi qadami

$$y_1 = y_{1Z} \cdot u_n;$$

3) chulg'amning ikkinchi qadami (8) formula bo'yicha, natijaviy qadami (6) formula bo'yicha va kollektor plastinalari soni (3) formula bo'yicha aniqlanadi.

3-misol. Quyida berilganlarga ko'ra o'ng yo'lli oddiy teng sektsiyali yakor chulg'ami bajarilsin: $2p = 4$, $Z = 18$, $u_n = 2$, $Z_g = S = K = 36$ ba $y = y_k = 1$.

Sektsiyalar bir o‘ramli.

Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar

(24), (25), (8), (6) va (3) formulalar bo‘yicha quyidagilarga ega bo‘lamiz:

$$1) \tau = y_{1Z} = Z/(2p) = 18/4 = 4,5; \quad y_{1Z} = 4 \text{ deb olamiz,}$$

$$2) y_1 = y_{1Z} \cdot u_n = 4 \cdot 2 = 8; \quad 3) y_2 = y_1 - y = 8 - 1 = 7;$$

$$4) y = y_K = 1; \quad 5) K = Z_{\odot} = u_n \cdot Z = 2 \cdot 18 = 36.$$

Shuni ta’kidlash kerakki, amaliy maqsadlarda chulg’amning to‘la sxemasini keltirib o‘tirishning hojati yo‘q, uning bir yoki ikki o‘ramaga tegishli kichik bo‘lagi bilan kifoyalanish mumkin (9-rasm, *a* ga qarang). Zarurat bo‘lganida boshlang‘ich qismiga o‘xshatib sxemani to‘ldirish mumkin.

Bu holda ham pazlar soni 1-misoldagidek qolganligi (ya’ni $Z = 18$) uchun, pazlar EYKlarining yulduzi ham o‘zgarishsiz qoladi. Bitta pazda joylashgan (1-2, 3-4 va hokazo) sektsiyalarning EYKlari vektorlari faza bo‘yicha mos tushadi, qo‘shni pazlarda (2-3, 4-5 va hokazo) joylashgan sektsiyalar EYKlarining vektorlari esa 1-misoldagidek $\alpha = 40^\circ$ ga siljigan bo‘ladi. Shuning uchun chulg’am EYKlarining ko‘pburchagi o‘xshash bo‘ladi, farqi shundaki, ko‘pburchakning har bir tomoni umumiy pazlarda yotgan ikki sektsiya EYKlari yig‘indisiga teng bo‘ladi. Demak, bajarilgan chulg’am 4-rasmdagidek ikki juft parallel shxobchalarga ega bo‘ladi.

$u_n > 1$ bo‘lgan teng sektsiyali yakor chulg‘ami mashina EYKini ko‘paytirishga imkon beradi, biroq kommutatsiya vaqtida ularning sektsiyalarida o‘zaro induksiya EYKlari hosil bo‘lib, u mashinaning kommutatsiya sharoitini yomonlashtiradi.

Pazida ko‘p sektsiyalar joylashgan yirik mashinalarda o‘zaro induksiya EYKini kamaytirish uchun pog‘onali chulg’am qo‘llaniladi, chunki u kommutatsiya sharoitini yaxshilaydi. 9- rasm, *a* da bunday chulg’amning amalda foydalaniladigan sxemasi tasvirlangan.

2.7. O‘zgarmas tok mashinalarining simmetrik sirtmoqsimon chulg‘amlarini hisoblash uchun mustaqil ish topshiriqlari

Top-shiriq vari-	Chulg’am tiplari va hisoblash uchun berilgan qiymatlar				
	Yakor real	Elementar pazlar va	Mashina qutblari	Bitta real pazdagi	Chulg’am yo‘llari

antlari	pazlari soni Z	kollektor plastinalari soni $Z_9 = K$	soni 2p	elementar pazlar soni u_n	soni m
1	2	3	4	5	6
1. Oddiy sirtmoqsimon chulg'am ($u_n=1$)					
1	68	68	8	1	1
2	22	22	4	1	1
3	34	34	4	1	1
4	26	26	4	1	1
5	28	28	8	1	1
6	30	30	4	1	1
7	38	38	4	1	1
8	44	44	8	1	1
9	36	36	8	1	1
10	42	42	4	1	1
11	52	52	8	1	1
12	60	60	8	1	1
2. Oddiy sirtmoqsimon teng sektsiyali chulg'am ($u_n>1$)					
13	24	72	4	3	1
14	16	48	4	3	1
15	32	96	4	3	1
16	20	60	4	3	1
17	12	36	4	3	1
18	28	94	4	3	1
19	32	64	4	2	1
20	32	96	8	3	1
21	32	64	8	2	1
22	40	80	4	2	1
23	44	88	4	2	1
24	40	80	8	2	1
3. Murakkab sirtmoqsimon teng sektsiyali chulg'am ($u_n>1$)					
25	20	80	4	4	2
26	36	72	4	2	2
27	24	72	4	3	2
28	40	80	4	2	2
29	28	56	4	2	2
30	36	108	4	3	2
21	30	60	6	2	2

32	32	64	4	2	2
33	32	64	8	2	2
34	40	80	8	2	2
35	36	108	6	3	2
36	42	84	6	2	2

Chulg'amlar o'ng yo'lli va sektsiyalar bir o'ramli.

Quyidagilar talab etiladi:

1) Qadamlarni hisoblash; 2) sektsiyalarning tomonlari va kollektor plastinalarining ulanishlari jadvalini tuzish; 3) chulg'amning yoyilgan sxemasini chizish; 4) qutblar va cho'tkalarni joylashtirish; 5) sektsiyalar EYKlari yulduzini va ko'pburchagini qurish; 6) parallel shoxobchalarning elektr sxemasini chizish; 7) yoyilgan sxemada bir necha 1- va 2-tur tenglashtiruvchilarni ko'rsatish.

3. To'liqinsimon (ketma-ket) chulg'amlar

3.1. Oddiy (bir yo'lli) to'liqinsimon chulg'am

To'liqinsimon chulg'amlar turli qutblar ostida joylashgan sektsiyalarni ketma-ket ulash natijasida hosil bo'ladi, shuning uchun ularni ketma-ket chulg'amlar deyiladi.

To'liqinsimon chulg'amning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, sektsiyalarning uchlari sirtmoqsimon chulg'amlardagidek qo'shni kollektor plastinalariga emas, balki taxminan ikki karra qutb bo'linmasi (2τ) ga teng masofada joylashgan ikki kollektor plastinasiga ulanadi. Yakorni bir aylanib chiqishda mashinada qancha juft qutblar (p) bo'lsa, shuncha sektsiya joylashtiriladi.

To'liqinsimon chulg'amning sektsiyalari bir o'ramli va ko'p o'ramli (2 va undan ortiq) bo'lishi mumkin.

Oddiy to'liqinsimon chulg'amlarda qadamlar qanday aniqlanadi?

Oddiy to'liqinsimon chulg'amlar uchun chulg'amning natijaviy qadami y kollektor bo'yicha qadam y_K ga teng va quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$y_K = y = \frac{K \pm 1}{p} = \frac{u_n Z \pm 1}{p}, \quad (26)$$

bu yerda K – kollektor plastinalari soni; p – mashina juft qutblari soni.

(26) formula suratidagi manfiy ishora yakor sektsiyalari va kollektor plastinalarini ulash jarayonida yakor bo'yicha bir marta aylangandagi oxirgi kollektor plastinasi 1-plastinadan chapda

joylashganini bildiradi. Shuning uchun manfiy ishora chap yo'lli chulg'amga, musbat ishora esa o'ng yo'lli chulg'amga mos keladi. O'ng yo'lli chulg'am tayyorlashda mis ko'proq sarf bo'lganligi sababli amalda asosan chap yo'lli to'liqinsimon chulg'amlar qo'llaniladi.

Simmetrik to'liqinsimon chulg'amda $y_k=y$ qadam butun sondan iborat bo'lishi kerak. Bu shartga rioya qilish uchun (26) formulada p juft bo'lganida K toq bo'lishi kerak va aksincha.

$p=2$ bo'lganida u_n faqat toq son bo'lishi kerak.

To'liqinsimon chulg'amning birinchi qadami y_1 sirtmoqsimon chulg'amdagidek, (7) formula bilan aniqlanadi, ya'ni

$$y_1 = Z_s / (2p) \pm \varepsilon = S / (2p) \pm \varepsilon.$$

To'liqinsimon chulg'amning ikkinchi qadami y_2 quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$y_2 = y - y_1. \quad (27)$$

Oddiy ikki qatlamli to'liqinsimon chulg'amning tayyorlanishini misolda ko'rib chiqamiz.

4-Misol. Yakor chulg'amining berilgan qiymatlari:

$$Z = Z_s = S = K = 17, \quad u_n = 1, \quad 2p = 4.$$

Ulanish turi – oddiy chap yo'lli to'liqinsimon chulg'am. Sektsiyalar bir o'ramli.

Sektsiyalar tomonlarining ulanish jadvalini tuzish, chulg'amning yoyilgan sxemasini va parallel shoxobchalarning sxemasini chizish, sektsiyalar EYKlarining yulduzini va ko'pburchagini qurish kerak.

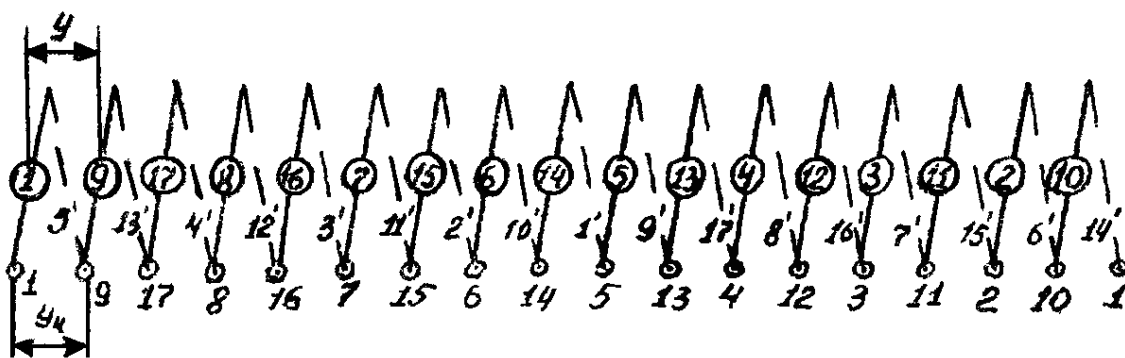
Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

Avval chulg'am qadamlarini hisoblaymiz: 1) (26) ga muvofiq U ; 2) (7) dan foydalanib y_1 va 3) (27) dan foydalanib y_2 larni aniqlaymiz:

$$y_1 = Z_s / (2p) \pm \varepsilon = 17/4 - 1/4 = 4;$$

$$y_k = y = (K - 1) / p = (17 - 1) / 2 = 8; \quad y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4$$

Hisoblangan qadamlar bo'yicha sektsiya tomonlarining ulanish jadvalini tuzamiz (10-rasmga qarang). Jadvallarni tuzish tartibi huddi 2-rasmdagidek.

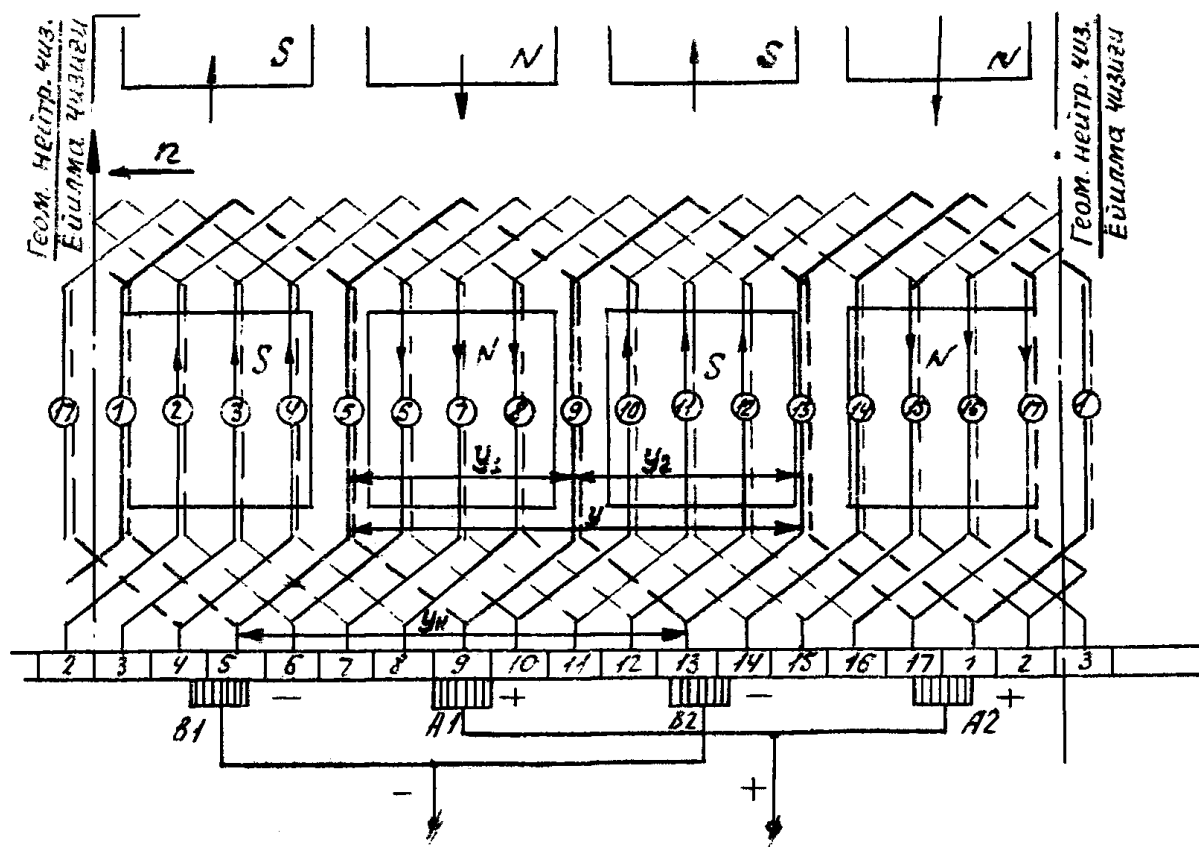


10-rasm. Oddiy to'liqsimon chulg'am sektsiyalari tomonlarining ulanish jadvali

Jadval tuzishni 1-kollektor plastinasi va 1-sektsiyadan boshlaymiz: 1-sektsiyaning yuqorigi qatlami 1-pazda joylashgan, ikkinchi faol tomoni esa $1+y_1=1+4=5$ – pazning pastki qatlamida joylashgan va shu sektsiyaning oxiri $1+y_k=1+8=9$ – kollektor plastinasi bilan ulanadi, xuddi shu plastina bilan 9-sektsiyaning boshi ulanadi va shu tarzda davom ettirib, to 1-plastinaga qaytib kelib, chulg'am butunlay tutashganigacha ulashni davom ettiriladi.

10-rasmda ko'rsatilgan jadval asosida chulg'amning yoyilgan sxemasi qurilgan (11-rasm). Shuni esda tutish kerakki, sektsiyalarni nomerlash sirtmoqsimon chulg'amdagidek sektsiyalarning boshi bo'yicha, ya'ni tegishli sektsiyalarning yuqorigi qatlamlarining nomeri bo'yicha bajariladi.

To'liqsimon chulg'amlarda cho'tka va qutblarni joylashtirish tartibi sirtmoqsimon chulg'amlardagidan biroz farq qiladi. To'liqsimon chulg'amlarda cho'tkalar qutblarga nisbatan simmetrik joylashgan sektsiyalarni qisqa tutashtirgani ma'qul, biroq bu shartni aniq bajarish mumkin emas, chunki cho'tkalar bilan qisqa tutashtirilgan ayrim sektsiyalar bu erda magnit maydonida biroz siljib qoladi, va binobarin, ular ayni bir vaqtda qutblarga nisbatan simmetrik joylasha olmaydi. Shu boisdan quyidagi usul tavsiya etiladi: qutblardan ixtiyoriysini birinchi aylanib o'tiladigan yo'lning boshi va oxiriga nisbatan simmetrik joylashtirish zarur. Demak, bitta cho'tka 17 va 1-plastinalar orasida o'rnatilishi kerak. Qolgan qutblarni ham shu tarzda 1 misoldagidek chizamiz va ularning o'rtasiga boshqa cho'tkalarni qo'yib chiqamiz. Shuni ta'kidlaymizki, qutb va cho'tkalarning yakorga nisbatan bunday joylashuvi vaqtning faqat bir oniga to'g'ri keladi, sektsiya o'tkazgichlaridagi tokning yo'nalishi esa mashinaning generator rejimida ishlashini va aylanish yo'nalishi soat strelkasi harakatiga qarama-qarshi yo'nalganligini hisobga olib ko'rsatilgan.



11-rasm. Oddiy chap yo‘lli to‘lqinsimon chulg‘amning yoyilgan sxemasi:

$$Z_s = S = K = 17, u_n = 1, 2p = 4$$

11-rasmda yo‘g‘onlashtirilgan chiziqlar bilan ko‘rsatilgan bir qancha sektsiyalar (14, 5, 13, 1, 8) sirtmoqsimon chulg‘amlardagi sektsiyalardan farqli ravishda bir qutbli ikki cho‘tkaga va ular orasidagi ulash simlari orqali qisqa tutashadi.

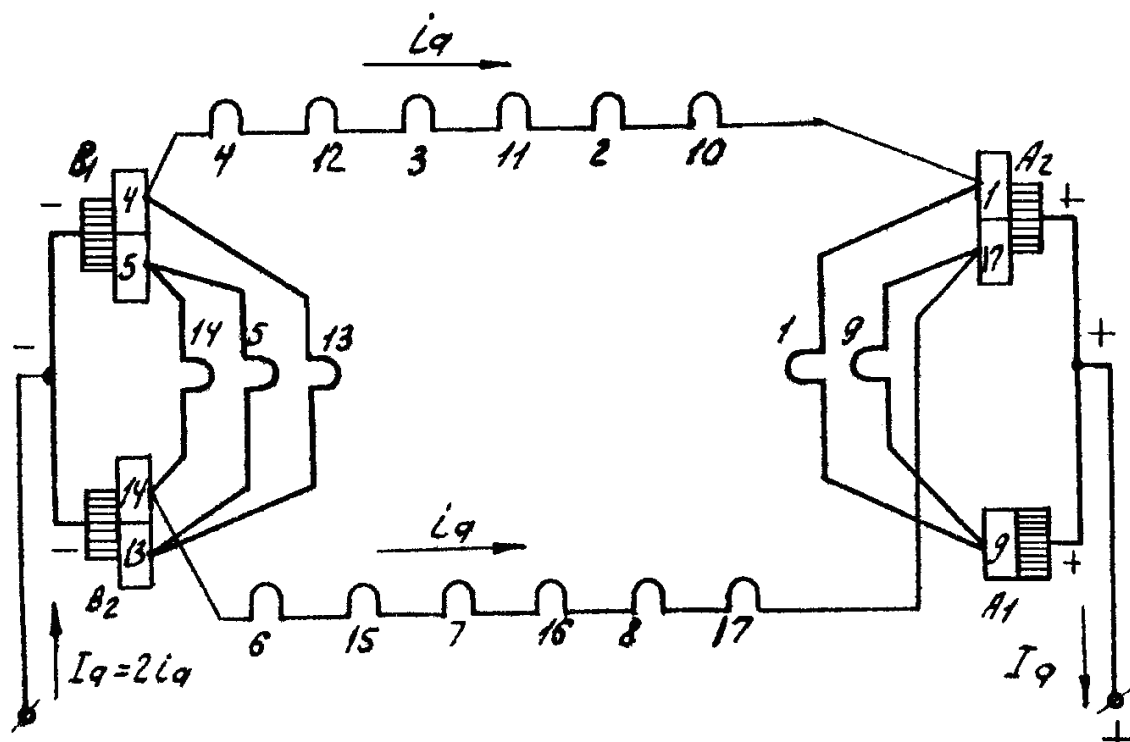
Oddiy to‘lqinsimon chulg‘am parallel shoxobchalarini ulash elektr sxemalarini qurish 1-misoldagidek, ammo tuzilishi bo‘yicha o‘ziga xos xususiyatlari bor.

12-rasmda sektsiyalarning ulanish ketma-ketligi chulg‘am sxemasiga mos kelishi kerak (10-rasm). Bu sxemadan shunday xulosa kelib chiqadiki (13-rasm), oddiy to‘lqinsimon chulg‘am juft qutblar soni (p) ning qiymatidan qat’iy nazar ikkita parallel shoxobchaga ega, ya’ni

$$2a = 2. \quad (28)$$

Bir-biridan kollektor bo‘yicha bitta qutb bo‘linmasiga teng masofada joylashgan ikki cho‘tkaga, masalan B_2 va A_1 cho‘tkalardan foydalanish bilan cheklanish mumkin edi. Biroq bu holda chulg‘am simmetriyasi buzilgan bo‘lardi, chunki parallel shoxobchalarda sektsiyalar soni bir xil bo‘lmay qolardi: yuqorigi shoxobchada 1, 10, 2, 11, 3, 12, 4, 13-sektsiyalarning ketma-ket ulanishi tufayli 8 ta va

pastkida 7 ta ya'ni bu shoxobchani 6, 15, 7, 16, 8, 17, 9-sektsiyalar hosil qilgan bo'lardi. Har qaysi cho'tkaga to'g'ri keladigan tokni kamaytirish va kollektorning uzunligini qisqartirish uchun (bunda misdan tejaladi) cho'tkalarning to'la soni qutblar soniga teng qilib olinadi.



12-rasm. 11-rasmda ko'rsatilgan chulg'am parallel shoxobchalarini ulashining prinsipial elektr sxemasi

Mashina qisqichlaridagi kuchlanish bir parallel shoxobchani EYKi bilan aniqlanadi.

Sektsiyalar EYKlarining yulduzini qurishni 1-sektsiyadan boshlaymiz. Buning uchun bu sektsiyaning EYKi vektorining geometrik neytralga nisbatan vaziyatini aniqlash zarur. 11- rasmdan ko'rinib turibdiki, geometrik neytral 17 va 1 pazlar orasining o'rtasidan o'tadi, ya'ni 1-sektsiyaning boshlanishi soat strelkasi harakatining yo'nalishi bo'yicha paz bo'linmasining yarmiga siljigan. Bu siljishni graduslarda ifodalash uchun (11) bo'yicha qo'shni pazlar o'tkazgichlarida hosil bo'lgan EYKlar vektorlari o'rtasidagi fazalar siljishini aniqlash zarur:

$$\alpha = (360p)/Z_9 = (360 \cdot 2)/17 = 42^\circ 21',$$

va uni 2 ga bo'lib, $\alpha/2 = 42^\circ 21'/2 = 21^\circ 10'$

burchakni hosil qilamiz: 1-sektsiya boshlanish tomonining EYKi vektori $e_{1(\delta)}$ geometrik neytral chizig'idan shu burchakka siljigan bo'ladi. Yakorning aylanish yo'nalishi soat strelkasi harakati yo'nalishiga

qarama-qarshi yoʻnalganligi uchun bu vektorni geometrik neytral chizigʻidan soat strelkasi harakati yoʻnalishida qoʻyish kerak. 1-sektsiyaning oxirgi tomoni boshlanish tomoniga nisbatan 4 paz boʻlinmasi qadam siljigan, bu esa elektr graduslar hisobida quyidagiga teng:

$$\alpha_c = 4 \alpha = 4 \cdot 42^\circ 21' = 169^\circ 24'$$

$e_{1(\delta)}$ vektorga shu burchak ostida kechikish tomoniga qarab 1-sektsiya oxirgi tomoni EYKining vektori $e_{1(0)}$ ni qoʻyamiz. Bu ikki vektorning geometrik ayirmasi 1-sektsiya EYKining kattaligi va vektoriga teng boʻladi (13-rasm, b).

1-sektsiya EYKining vektori yoʻnalishini aniqlagandan keyin unga $\alpha = 42^\circ 21'$ burchak ostida 2-sektsiya EYKi vektorini qoʻyamiz va hokazo. Natijada chulgʻam sektsiyalari EYKlarining yulduzini hosil qilamiz, u 360° chegarasida bir tekis joylashgan 17 vektordan iborat boʻladi.

Koʻpburchakni qurishda aylanani 17 teng qismga boʻlish kerak, chunki EYKlar yulduzi 17 vektordan iborat.

Koʻpburchakni qurishni 1-vektordan boshlash kerak, u 1-sektsiyaning EYK vektorini kichik masshtabda aniqlaydi, shuningdek EYKlar yulduzida shu vektorga parallel boʻladi.

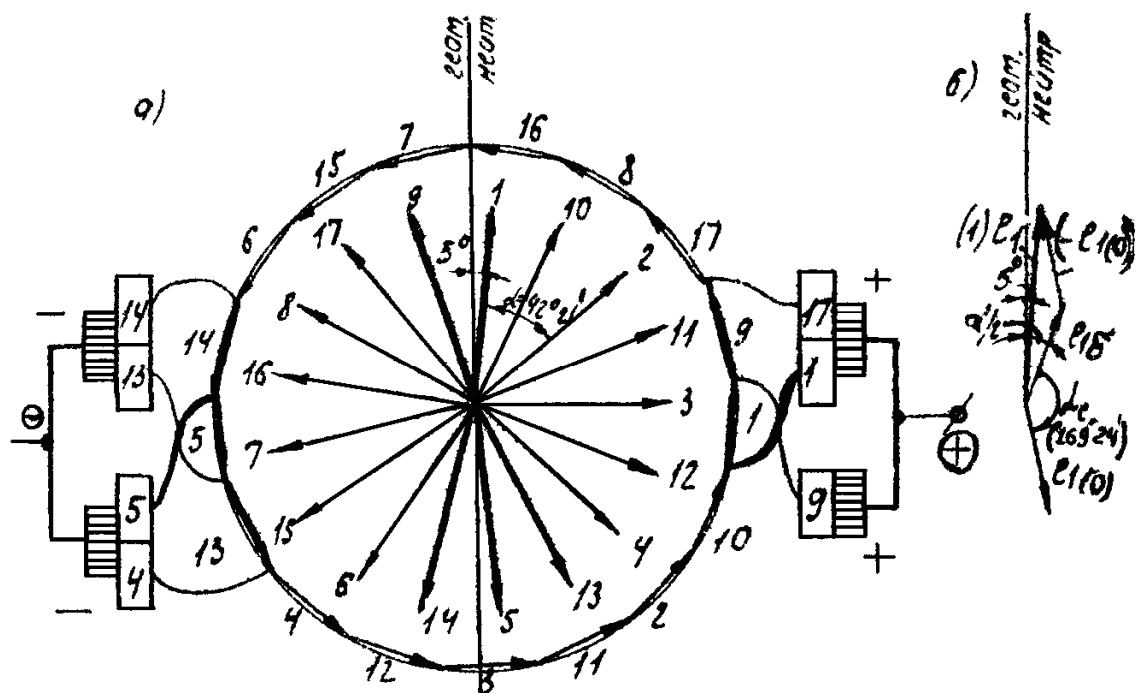
Vatarlarni shunday yoʻnaltirish kerakki, 1-vektorning oxiridan 9-vektor, soʻngra 17-vektor va hokazo ketsin (11- rasmdagi sxemaga muvofiq). Demak, chap yoʻlli oddiy toʻlqinsimon chulgʻamda koʻpburchakdagi vektorning yoʻnalishi yakorning aylanish yoʻnalishiga mos keladi, yaʼni soat strelkasi harakati yoʻnalishiga qarama-qarshi boʻladi.

Qisqa tutashtiradigan sektsiyalar va ular orasidagi ulash simlari 12 va 13-rasmlarda yoʻgʻonlashtirilgan chiziqlar bilan koʻrsatilgan.

13-rasmdan koʻrinib turibdiki, biz faqat bitta EYKlar koʻpburchagini hosil qildik. Bu esa chulgʻamda faqat bir juft parallel shoxobcha borligini va u teng potentsialli nuqtalarga ega emasligini koʻrsatadi.

Nima uchun oddiy toʻlqinsimon chulgʻamlarda tenglashtiruvchi ulanishlar talab etilmaydi?

Oddiy toʻlqinsimon chulgʻamlarda har qaysi parallel shoxobchaning sektsiyalari mashinaning hamma qutblari ostida bir tekis taqsimlangan boʻladi, bu esa chulgʻamlarni 1-tur tenglashtiruvchi ulanishlarsiz tayyorlashga imkon beradi.



13-rasm. a) 11-rasmda tasvirlangan chulg'am sektsiyalari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi; b) 1-sektsiya EYKi vektorining yo'nalishini aniqlash

Shuni nazarda tutish kerakki, bir yo'lli simmetrik to'liqinsimon chulg'amni tayyorlash uchun pazdagi sektsiyalar soni juft qutblar soni bilan umumiy bo'luvchiga ega emas degan shart bajarilishi kerak. Masalan, $2p=4$ bo'lsa, u_n albatta toq bo'lishi shart.

3.2. Murakkab (ko'p yo'lli) to'liqinsimon chulg'am

Murakkab to'liqinsimon (ketma-ket) chulg'am bir yakorning pazlariga joylashtirilgan bir nechta oddiy to'liqinsimon chulg'amlardan iborat bo'ladi. Har qaysi to'liqinsimon chulg'amda ikkita parallel shoxobcha bo'lganligidan murakkab chulg'amda quyidagi sondagi parallel shoxobchalar bo'ladi:

$$2a=2m, \quad (29)$$

bu yerda m -murakkab chulg'amni hosil qilgan oddiy to'liqinsimon chulg'am soni. Demak, murakkab to'liqinsimon chulg'amning parallel shoxobchalari soni mashina qutblari soniga bog'liq emas.

Murakkab chulg'amni hosil qiluvchi oddiy to'liqinsimon chulg'amlar cho'tkalar yordamida o'zaro parallel ulanadilar. Ayni bir onda cho'tka bilan qoplanadigan plastinalar soni parallel juft shoxobchalar sonidan katta bo'lishi kerak.

Murakkab chap yo‘lli to‘lqinsimon chulg’amda yakor aylanasi bo‘yicha bir aylanganda boshlang‘ich plastina bilan yonma-yon yotgan kollektor plastinasida emas, balki undan m ta kollektor bo‘linmasi qadar masofada orqada qoluvchi plastinada tugaydi (14-rasmga qarang).

Murakkab to‘lqinsimon chulg’amda natijaviy qadam va kollektor bo‘yicha qadam o‘zaro teng va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$y = y_k = (K \pm m)/p = (K \pm a)/p. \quad (30)$$

Murakkab to‘lqinsimon chulg’amning qolgan (y_1 va y_2) qadamlarini hisoblash formulalari oddiy to‘lqinsimon chulg’amlardagidek.

Chulg’amlarning tutashish karraligi (30) formulada ko‘rsatilgan K va m sonlarning eng katta umumiy bo‘luvchisi t ga teng.

Murakkab to‘lqinsimon chulg’am murakkab sirtmoqsimon chulg’am kabi: a) m yo‘lli ko‘p marta tutashgan ($t > 1$) va b) m yo‘lli bir marta tutashgan ($t = 1$) bo‘lishi mumkin.

3.2.1. Murakkab to‘lqinsimon ikki marta tutashgan chulg’am

Agar y_k va m eng katta umumiy bo‘luvchi t ga ega bo‘lsa, u holda $t=2$ da chulg’am ikki marta tutashgan bo‘ladi. Amalda yuqori kuchlanishli ko‘p qutbli mashinalarda, ko‘pincha, ikki marta tutashgan murakkab to‘lqinsimon chulg’amlar qo‘llaniladi.

(15) va (29) larga muvofiq simmetrik m yo‘lli to‘lqinsimon chulg’amlar

$$2p/m = b.s. \quad (31)$$

sharti bajarilishi shart.

5-Misol. Murakkab chap yo‘lli to‘lqinsimon chulg’am uchun berilgan qiymatlar: $a=m=2$, $S = K = Z_9 = 18$, $u_n=1$, $2p=4$. Sektsiyalar bir o‘ramli.

Qadamlar hisoblansin, chulg’amning yoyilgan sxemasi chizilsin, sektsiyalar EYKlarining yulduzi va ko‘pburchagi qurilsin, cho‘tka va qutblar joylashtirib chiqilsin, parallel shoxobchalarning ulanishlari sxemasi chizilsin, bir nechta tenglashtiruvchi ulanishlar chizilsin.

Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar

Chulg’amlarning simmetriyalik umumiy shartlari (13) – (15) qondiriladi. (30) ga muvofiq chulg’amning natijaviy qadamini aniqlaymiz:

$$y = y_k = (K \pm m)/p = (18 - 2)/2 = 8$$

(7) va (27) formulalar bo'yicha chulg'amning yakor bo'yicha tegishli birinchi va ikkinchi qadamlarini aniqlaymiz:

$$y_1 = Z_9 / (2p) \pm \varepsilon = 18/4 - 2/4 = 4,$$

$$y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4.$$

Hisoblangan qadamlar bo'yicha sektsiyalar tomonlarining ulanishlari jadvali tuziladi. Jadvalni tuzish tartibi 10-rasmda ko'rsatilganidek, biroq bu holda u ikki qismdan iborat bo'ladi (chunki $m=2$). Birinchi qismini barcha toq sektsiyalarning ulanishlari, ikkinchi qismini esa hamma juft sektsiyalarning ulanishlari tashkil qiladi.

Jadval tuzilganidan keyin unga muvofiq ayni chulg'amning yoyilgan sxemasi quriladi (14-rasmga qarang).

Elektr sxemani tuzish (15-rasm) va sektsiyalar EYKlarining yulduzini va ko'pburchagini qurish (16-rasm) 4-misoldagidek (12 va 13-rasmlarga qarang).

Qisqa tutashtirilgan juft nomerli sektsiyalar 16-rasmda punktir chiziqlar bilan, toq nomerli sektsiyalari tutash chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Murakkab to'liqinsimon chulg'amda 2-tur tutashtiruvchilar qanday bajariladi?

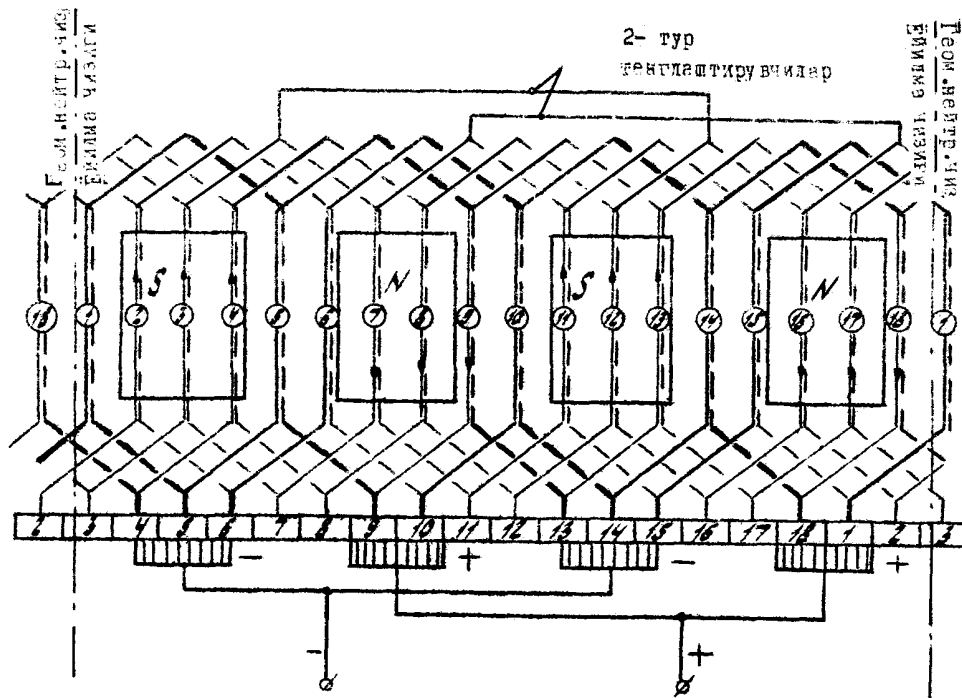
16-rasmda sektsiyalar EYKlarining bir-biriga qo'shiladigan ikkita yulduzi va ikkita ko'pburchagi hosil bo'ldi. Bu hol ayni chulg'amda teng potentsialli nuqtalar borligini, biroq ular chulg'amning turli yo'llarida joylashganligini bildiradi. Masalan, 14-rasmda 3 va 12, 7 va 16 hamda boshqa nuqtalar teng potentsialli nuqtalardir. Bunday nuqtalarni birlashtirib, 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlarni hosil qilamiz (bu erda misol sifatida faqat ikkita tenglashtiruvchi ulanish ko'rsatilgan).

Murakkab to'liqinsimon chulg'amda 2-tur tutashtiruvchilar nima uchun zarur?

Ikki yo'lli to'liqinsimon chulg'am ikki oddiy to'liqinsimon chulg'amdan iborat bo'lib, bu chulg'amlar har birining parallel zanjirlari hamma qutblar ostida taqsimlanadi va shu boisdan bunday chulg'amlarda magnit maydon asimmetriyasi tufayli tenglashtiruvchi toklar hosil bo'lmaydi. Biroq murakkab chulg'amlarni hosil qiluvchi oddiy chulg'amlarning cho'tkali kontaktlar yordamida o'zaro ulanishi jarayonida oddiy chulg'amlar orasidagi toklar taqsimlanishi cho'tkali kontaktning oniy holatiga bog'liq bo'ladi. Huddi shu sababli turli oddiy chulg'amlarga tegishli qo'shni kollektor plastinalari orasidagi kuchlanish o'zgarib turishi mumkin. Bunday hol yuz bermasligi uchun

oddiy chulg'amlar cho'tkalararo ulanishlaridan tashqari 2-tur tenglashtiruvchilar bilan ham ulanadilar.

3.2.2. Juft qutblar soni juft bo'lgan murakkab to'liqinsimon bir marta tutashgan chulg'am

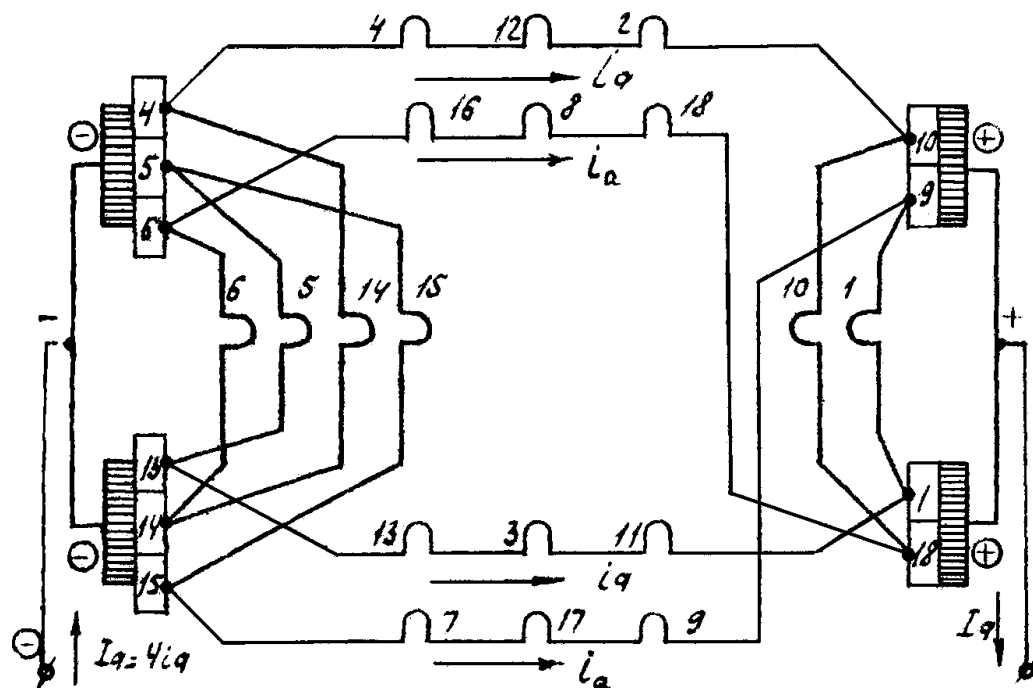


14-rasm. Murakkab chap yo'lli to'liqinsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi:
 $Z_3 = S = K = 18, u_n = 1, 2p = 4, m = -2$

Agar p juft bo'lganida qadam U toq chiqsa, u holda qadam va juft parallel shoxobchalar soni a ($a = m$) eng katta umumiy bo'luvchiga ega bo'lmaydi. Bu holda chulg'am m yo'lli bir marta tutashgan bo'ladi. Bunda chulg'amning birinchi yarmini hosil qiladigan hamma toq nomerli sektsiyalari 1-sektsiyadan boshlab ulanadi. Hosil bo'lgan chulg'am birinchi yarmining oxirini 2-sektsiyaning boshi bilan ulab, chulg'amning ikkinchi yarmini hosil qiladigan qolgan hamma juft nomerli sektsiyalari ulanadi. Bu ulanishlarning oxiri chulg'amning boshlanishi bo'lgan 1-sektsiyaning boshi bilan ulab, berk kontur hosil qilish bilan yakunlanadi.

Murakkab to'liqinsimon bir marta tutashgan chulg'amni misolda ko'rib chiqamiz.

6-Misol. Quyida berilganlarga ko'ra ikki yo'lli to'liqsimon chulg'am bajarilsin: $S = K = Z_9 = 16$, $2p = 4$, $u_n = 1$, $a = m = 2$.



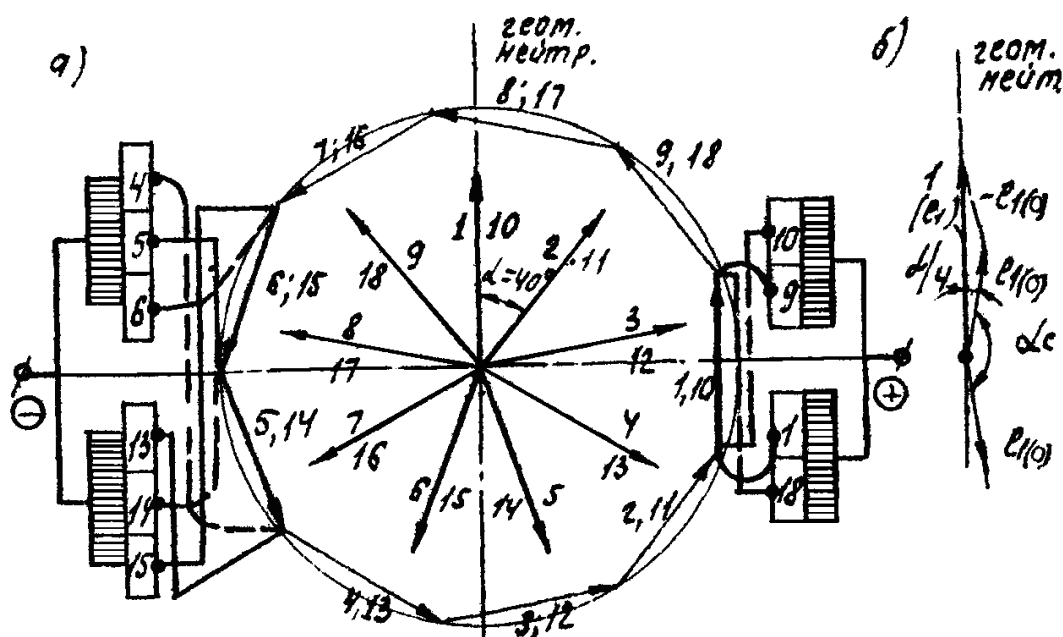
15-rasm. 14-rasmda tasvirlangan chulg'am parallel shoxobchalari ulanishlarining printsiplial elektr sxemasi

Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

(13), (14), (15) va (31) formulalar bo'yicha chulg'amning umumiy simmetriya shartini tekshiramiz:)

$$S/a = Z/a = 16/2 = 8 = b.s.;$$

$2p/a = 2p/m = 4/2 = 2 = b.s.$ Demak, xamma simmetriya shartlariga rioya qilingan.



16-rasm. a) 14-rasmda tasvirlangan chulg'am sektsiyalari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi; b) 1-sektsiya EYKi vektorining yo'nalishini aniqlash

Hisoblash formulalaridan quyidagilarni olamiz:

$$y = y_k = (K \pm a)/p = (16-2)/2 = 7;$$

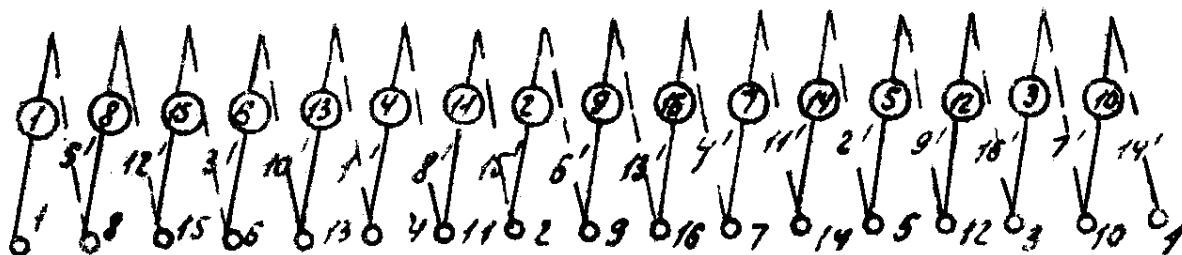
$$y_1 = Z_9 / (2p) \pm \varepsilon = 16/4 = 4;$$

$$y_2 = y - y_1 = 7 - 4 = 3.$$

Hisoblangan qadamlar bo'yicha sektsiyalar tomonlari ulanishlarining jadvalini tuzamiz (17-rasmga qarang).

Chulg'amning yoyilgan sxemasi, sektsiyalar EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi 4-misoldagidek bajariladi.

Bir marta va ikki marta tutashgan murakkab to'liqinsimon chulg'amlar EYKlari ko'pburchagining xarakterini taqqoslab, shuni ta'kidlash mumkinki, ularni bajarish usullarida printsiipial farqlar yo'q, shuning uchun har ikki usul amalda bir xil darajada qo'llanilishi mumkin.



17-rasm. Ikki yo'lli bir marta tutashgan to'liqinsimon chulg'am tomonlarining ulanish jadvali (berilganlar $Z_9 = 16$; $y=7$, $y_1=4$, $y_2=3$)

3.3. O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik to'liqinsimon chulg'amlari bo'yicha mustaqil ish topshiriqlari

Top-shiriq variant-lari	Chulg'am tiplari va hisoblash uchun berilgan qiymatlar				
	Yakor real pazlari soni Z	Elementar pazlar va kollektor plastinalari soni $Z_{\phi} = K$	Mashina qutblari soni $2p$	Bitta real pazdagi elementar pazlar soni u_n	Chulg'am yo'llari soni m
1	2	3	4	5	6
1. Oddiy to'liqinsimon chulg'am					
1	19	19	4	1	1
2	21	21	4	1	1
3	23	23	4	1	1
4	25	25	4	1	1
5	25	25	6	1	1
6	28	28	6	1	1
7	29	29	4	1	1
8	31	31	4	1	1
9	31	31	6	1	1
10	41	41	8	1	1
11	45	45	8	1	1
12	49	49	8	1	1
2. Murakkab ikki yo'lli to'liqinsimon chulg'am					
13	22	22	4	1	2
14	26	26	4	1	2
15	26	26	6	1	2
16	28	28	4	1	2
17	30	30	4	1	2
18	32	32	4	1	2
19	32	32	6	1	2
20	34	34	4	1	2
21	36	36	4	1	2
22	38	38	6	1	2
23	38	38	8	1	2
24	44	44	6	1	2

Chulg'am chap yo'li. Sektsiyalar bir o'ramli.

Quyidagilar talab etiladi: 1) qadamlarni hisoblash; 2) sektsiyalarning tomonlari va kollektor plastinalarining ulanish jadvalini tuzish; 3) chulg'amning yoyilgan sxemasini chizish; 4) qutb va cho'tkalarini joylashtirish; 5) chulg'am sektsiyalari EYKlarining yulduzini va ko'pburchagini qurish; 6) parallel shoxobchalarning elektr sxemasini chizish; 7) yoyilgan sxemada ($m=2$ da) 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlarni ko'rsatish.

4. O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlarining turlarini taqqoslash va ularni tanlash

Chulg'am turlari quyidagi mulohazalarga ko'ra tanlanadi:

1) cho'tkalar ostidan kuchli uchqun chiqmasligi uchun yakor parallel shoxobchalaridagi tok kattaligi 350 A dan oshmasligi kerak;

2) kollektor plastinalari soni haddan tashqari ko'p bo'lmasligi, plastinalarning qalinligi mexanik mustahkamlik sharti bo'yicha kamida 3,5 mm bo'lishi kerak;

3) kollektor plastinalarining eng kam soni shu hisobda aniqlanishi kerakki, ikki qo'shni plastinalar orasidagi kuchlanish ko'pi bilan 30 V dan oshmasin.

Chulg'am turini tanlashda parallel shoxobchalari eng kam bo'lgan chulg'amlar ma'qul ko'rilishi lozim. Shu mulohazalarga asosan eng ma'quli oddiy to'liqinsimon chulg'amdir ($a=1$), buning ustiga unda tenglashtiruvchi ulanishlar bo'lishi talab etilmaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, yakordagi faol tomonlar soni bir xil bo'lganida generatorning EYKi to'liqinsimon chulg'am qo'llanilganda sirtmoqsimon chulg'amdagidan katta bo'ladi.

Masalan, to'liqinsimon va sirtmoqsimon chulg'amlar uchun quyidagilar $Z_9 = 24$ va $2p = 4$ berilgan bo'lsin. U holda to'liqinsimon chulg'am qo'llanilganda har qaysi parallel shoxobchaga 12 sektsiya, sirtmoqsimon chulg'am qo'llanilganda faqat 6 ta sektsiya ulangan bo'ladi. Shunday qilib, ayni holda to'liqinsimon chulg'am bo'lgan holdagi EYK sirtmoqsimon chulg'am bo'lgan holdagidan 2 marta katta bo'ladi.

Demak, katta kuchlanish olish talab etilgan hollarda O'TMlarda oddiy to'liqinsimon chulg'amlar qo'llaniladi.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'am yakor toki 300-400 A dan katta bo'lgan mashinalarda qo'llaniladi. Sirtmoqsimon chulg'am

qo‘llanilganda kollektor plastinalari juda ko‘payib ketadigan hollarda murakkab to‘lqinsimon chulg‘amlar qo‘llaniladi.

Har qaysi parallel shoxobchadagi tokni kamaytirish zarur bo‘lganida, shuningdek, oddiy sirtmoqsimon chulg‘amda qo‘shni plastinalar orasidagi kuchlanish yo‘l qo‘yilganidan yuqori bo‘lgan hollarda parallel shoxobchalar sonini oshirish uchun murakkab sirtmoqsimon chulg‘amlari ishlatiladi. Ko‘pincha ikki marta tutashgan sirtmoqsimon chulg‘amdan foydalaniladi.

Katta quvvatli mashinalarda va og‘ir ish sharoitli rejimlarda ba‘zan aralash chulg‘amlar qo‘llaniladi. Sirtmoqsimon chulg‘amga qaraganda bu chulg‘amning asosiy afzalligi – tenglashtiruvchi ulanishlarga hojat yo‘qligidir. Tenglashtiruvchi ulanishlarni joylash qiyin bo‘lgan tez yurar mashinalarda bu juda muhimdir.

Foydalanish nuqtai nazaridan aralash chulg‘amlarning eng katta kamchiligi – ularni remont qilish qiyinligidir.

Toki katta va kuchlanishi past bo‘lgan mashinalarda $u_n=1$ qiymat ishlatiladi.

$U_N=220$ V, $P_H > (30\div 50)$ kVt bo‘lganda sektsiyadagi o‘ramlar soni hamma vaqt 1 ga teng ($W_c=1$).

5. O‘zgarmas tok mashinalari yakorining chulg‘amlari bo‘yicha o‘z-o‘zini tekshirish uchun savollar

1. O‘TM dagi yakor nima?
2. Siz O‘TM chulg‘amlarining qanday elementlarini bilasiz?
3. Nima uchun yakor chulg‘ami ikki qatlamli qilib yasaladi?
4. Kollektor plastinalari nima uchun kerak?
5. “Elementar paz” nima?
6. “Elektr burchak” deyilganda nima tushuniladi?
7. O‘TM yakor chulg‘amlarining qanday turlari bor?
8. Yakor chulg‘ami qadamlarining nomini ayting.
9. Oddiy sirtmoqsimon chulg‘amda kollektor bo‘yicha qadam nimaga teng?
10. Chulg‘am sektsiyalari tomonlarining ulanish jadvali qanday tuziladi?
11. Oddiy sirtmoqsimon chulg‘amning yoyilgan sxemasi qanday chiziladi?
12. Cho‘tkalar kollektorda qanday joylashtirib chiqiladi?
13. Cho‘tkalar ishorasi qanday aniqlanadi?

14. Oddiy chulg'amlarda cho'tkalarining eni qanday kattalikda olinadi?
15. "Parallel shoxobcha" nima va u qanday aniqlanadi?
16. Parallel shoxobchalar ulanishlarining elektr sxemasi qanday chiziladi?
17. $2p = 6$ bo'lgan oddiy sirtmoqsimon chulg'amda nechta parallel shoxobcha bo'ladi?
18. Sektsiyalar EYKlarining yulduzi qanday quriladi va sektsiyalar tomonlari EYKlarining yulduzidan nima bilan farq qiladi?
19. Sektsiya EYKi vektorining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
20. Qiymati bo'yicha eng katta EYK hosil qilish uchun sektsiyalarning tomonlarini qanday ulash zarur?
21. Chulg'am EYKlarining ko'pburchagi qanday quriladi?
22. Chulg'amning simmetriya shartlarini aytib bering.
23. 1-tur tenglashtiruvchi ulanishlar nima uchun o'rnatiladi?
24. Qanday chulg'amlarda 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlar o'rnatish kerak?
25. Uzaytirilgan qadam qanday hollarda tanlanadi?
26. Pog'onali chulg'am teng sektsiyali chulg'amdan nima bilan farq qiladi?
27. Qanday shartlar bajarilganda bir marta tutashgan va ikki marta tutashgan chulg'amlar hosil bo'ladi?
28. Oddiy to'lqinsimon chulg'amlarda qadamlar qanday aniqlanadi?
29. Nima sababdan oddiy to'lqinsimon chulg'amlarda tenglashtiruvchi ulanishlar talab etilmaydi?
30. Murakkab to'lqinsimon chulg'amda 2-tur tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?
31. Murakkab to'lqinsimon chulg'amda 2-tur tenglashtiruvchi zarurligiga sabab nima?
32. Yakorning sirtmoqsimon va to'lqinsimon chulg'amlarining sektsiyalari bir-biridan nima bilan farq qiladi?
33. To'lqinsimon chulg'amning kollektor bo'yicha qadami qanday hisoblanadi?
34. $Z_9 = 27$ va $u_n = 3$ bo'lgan yakorda nechta kollektor plastinalari bo'lishi kerak?
35. Chulg'am turlari qanday mulohazalarga ko'ra tanlanadi?
36. Chulg'amlarning konkret turlari qo'llaniladigan sohalar haqida so'zlab bering.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Berdiev U.T., Pirmatov N.B. Elektromexanika. Texnika oliy oquv yurtlarining «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» va “elektr energetika” yonalishi talabalari uchun darslik.– T.: Shams-Asa. 2014. –386 b.
2. Пирматов Н.Б., Мустафакулова Г.Н., Махмадиев Ғ.М. «Электр машиналари» курсидан «Асинхрон моторларни лойиҳалаш». Ўқув қўлланма. -Т.: ТошДТУ, 2013. –95 б.
3. Bhattacharya. Electrical machinees 3E book. 2008, N/A p.
4. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik.-Т.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
5. Иброҳимов У. Электр машиналари. Ўқув қўлланма. – Т.:Ўқитувчи, 2001
6. Fitzgerald. Electric machinery, 6/E book. 2002, N/A p.
7. Мажидов С. Электр машиналари ва электр юритма. Ўқув қўлланма. –Т.: Ўқитувчи, “Зиё-Ношир” КШК, 2002. – 408 б
8. N.B. Pirmatov, Z.A. Yarmuxamedova, G.N. Mustafakulova. Elektr mashinalari fanining transformatorlar qismi bo'yicha kurs loyihasini bajarishga oid o'quv-metodik qo'llanma. –Т.: ToshDTU, 2012 – 117 b.

O‘TM yakor chulg’amlari parametrlarining yig’ma jadvali

Chulg’am parametrlari, simmetriya shartlari va asosiy ishlatilish sohalari	Chulg’am turlari va ularga tegishli asosiy ma’lumotlar				
	Oddiy sirtmoqsimon	Murakkab sirtmoqsimon	Oddiy to‘lqinsimon	Murakkab to‘lqinsimon	Aralash
1	2	3	4	5	6
Parametrlari:					
$y=y_K$	± 1	$\pm m$	$\frac{K \pm a}{p}$	$\frac{\kappa \pm a}{p}$	± 1 ba $\frac{K \pm a}{p}$
y_1	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$y_{1C} + y_{1T} = K/p$
y_{1Z}	$\frac{Z}{2p} - \varepsilon$	$\frac{Z_{\varnothing}}{2p} - \varepsilon$	–	–	–
y_2	$y_1 \pm 1$	$y_1 \pm m$	$y - y_1$	$y - y_1$	$y_{2C} + y_{2T}$
2_a	$2p$	$2p \cdot m$	2	$2m$	$2a_C + 2a_T = 2 \cdot 2p$
$Y_{teng.1}$	K/p	K/p	–	–	–
$Y_{teng.2}$	–	K/p	–	K/p	–
Chulg’amlarning simmetrik shartlari		m ga karrali emas			$K/p = b.s.$
	$K/p = b.s.$	$K/p = b.s.$		$Z/a = b.s.$	$\frac{a_{\tau}}{p} = \frac{m_{\tau}}{p} = b.s.$
	$Z/p = b.s.$	$Z/p = b.s.$	$u_n = K/Z = b.s.$	$u_n = \frac{K}{Z} = b.s.$	$m_c = 1; m_{\tau} = p$
		$u_n = b.s.$		$2p/a = b.s.$	$m_c = 2; m_{\tau} = 2p$
Asosiy ishlatilish sohalari	Normal kuchlanishli o‘rtacha quvvatli mashinalar va kuchlanishi yuqori katta quvvatli mashinalar	Juda past kuchlanishli kichik quvvatli mashinalar va kuchlanishi normal, pasaytirilgan va past kuchlanishli katta quvvatli mashinalar	Normal kuchlanishli kichik quvvatli mashinalar, hamda oshirilgan va yuqori kuchlanishli o‘rtacha quvvatli mashinalar	Oshirilgan kuchlanishli o‘rtacha quvvatli mashinalar	Yuqori kuchlanishli katta quvvatli mashinalar

Sirtmoqsimon chulg'amlarni bajarishning ba'zi xususiyatlariga izohlarA) Oddiy sirtmoqsimon chulg'am

To'la qadamli chulg'am faqat quyidagi

$$K/(2p)=b.s. \quad (1)$$

shartga rioya qilingandagina bajarilishi mumkin.

Qadami $y_1 \neq \tau$ bo'lgan chulg'amlarning kommutatsiya holatini yaxshilash maqsadida

$$K/p = b.t.s. \text{ (butun toq son)} \quad (2)$$

shartga rioya qilish kerak.

$u_n=1$ bo'lganda bu shartga to'la rioya qilinadi. $u_n>1$ bo'lganda esa, bitta pazga joylashgan sektsiyalarning faol tomonlari orasidagi kichik siljish burchagi e'tiborga olinmaydi. Bu holda (2) shartni boshqacha ko'rinishda yozish mumkin:

$$Z/p = b.t.s. \quad (3)$$

Bir yo'lli sirtmoqsimon chulg'amlarda:

1) K/p – juft son bo'lsa, chulg'amlar orqali qisqa tutashgan hamma sektsiyalar shu cho'tkalarga nisbatan bir xil holatni egallaydilar.

2) K/p – toq son bo'lsa, p.1 dagi hol faqat bir xil ishorali cho'tkalarda ro'y beradi.

1-holda har xil qutbga xos bo'lgan sektsiyalar bir vaqtda kommutatsiya holatida (ya'ni cho'tka orqali qisqa tutashgan) bo'ladi. 2-holda esa bu sektsiyalarning kommutatsiya bo'ladigan vaqti bir-biridan siljigan bo'ladi. Bu esa qadami qisqartirilgan chulg'amlarga xosdir.

2-holning afzalligi, $u_n > 1$ bo'lgan chulg'amlarda o'zaro induksiya EYKning kamayishi tufayli reaktiv EYKning kattaligi ham kamayishidir. Shu sababli 1 va 2-shartlarning bajarilishi zarur.

B) Ikki yo'lli sirtmoqsimon chulg'amlar

Ikki yo'lli chulg'am uchun (1-3) shartlar bajarilishi shart.

$y_1 \neq \tau$ bo'lgan, ikki yo'lli ikki karra tutashgan chulg'amlar uchun y_1 qadamni tanlash muhim ahamiyatga ega:

1) y_1 qadam juft songa teng bo'lsa, bir pazda chulg'amning bir xil yo'lga tegishli bo'lgan sektsiya tomonlari ustma-ust joylashgan bo'ladi.

2) y_1 qadam toq songa teng bo'lsa, bir pazda chulg'amning har xil yo'lga tegishli bo'lgan sektsiya tomonlari ustma-ust joylashadi.

y_1 qadami toq songa teng bo'lgan ikki yo'lli ikki karra tutashgan chulg'am pazlarida ustma-ust joylashgan 2 qatlamdagi toklarning yakor aylanasi bo'ylab natijaviy taqsimlanishi hamma vaqt bir xil bo'ladi. Aksincha, y_1 qadami juft songa teng bo'lgan shunday turdagi chulg'amda yakor aylanasi bo'ylab natijaviy tokning taqsimlanishi, shu chulg'amning ikkala yo'li orasida toklarning taqsimlanishiga bog'liq bo'ladi.

$K/a = b.s.$, simmetriya sharti, faqat K/p – juft songa ega bo'lgan ikki karra tutashgan chulg'amlarda rioya qilinadi.

Mundarija

1.	Kirish.....	3
	O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik yakor chulg'amlari to'g'risida qisqacha ma'lumotlar.....	4
	1.1. Asosiy tushunchalar.....	4
	1.2. Yakor chulg'amlarining asosiy turlari va ularning qadamlari.....	6
2.	Sirtmoqsimon (parallel) chulg'amlar.....	7
	2.1. Oddiy (bir yo'lli) sirtmoqsimon chulg'am.....	7
	1-Misol. Yechishga doir metodik ko'rsatmalar	9
	2.2. Chulg'amlarning simmetriya shartlari	17
	2.3. Birinchi tur tenglashtiruvchi ulanishlar.....	18
	2.4. Murakkab (ko'p yo'lli) sirtmoqsimon chulg'am.....	19
	2-Misol. Yechishga doir metodik ko'rsatmalar	20
	2.5. Murakkab sirtmoqsimon chulg'amlardagi tenglashtiruvchi ulanishlar.....	23
	2.6. Sirtmoqsimon chulg'am turlari va ularning xossalari.....	25
	2.6.1. Bir nechta sektsiya tomonlari bo'lgan oddiy sirtmoqsimon chulg'amlar.....	25
	3-Misol. Yechishga doir metodik ko'rsatmalar	27
	2.7. O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik sirtmoqsimon chulg'amlari yuzasidan mustaqil ish topshiriqlari.....	28
3.	To'liqsimon (ketma-ket) chulg'amlar.....	29
	3.1. Oddiy (bir yo'lli) to'liqsimon chulg'amlar.....	29
	4-Misol. Yechishga doir metodik ko'rsatmalar	31
	3.2. Murakkab (ko'p yo'lli) to'liqsimon chulg'am.....	35
	3.2.1. Murakkab to'liqsimon ikki marta tutashgan chulg'am.....	36
	5-Misol. Yechishga doir metodik ko'rsatmalar	37
	3.2.2. Juft qutblar soni juft bo'lgan murakkab to'liqsimon bir marta tutashgan chulg'am.....	38
	6-Misol. Yechishga doir metodik ko'rsatmalar	39
	3.3. O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik to'liqsimon chulg'amlari bo'yicha mustaqil ish topshiriqlari.....	41
4.	O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlarining turlarini taqqoslash va ularni tanlash.....	42

5.	O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlari bo'yicha o'z-o'zini tekshirish uchun savollar.....	43
	Adabiyotlar ro'yxati.....	45
	1-Ilova. O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlari parametrlarining yig'ma jadvali	46
	2-Ilova. Sirtmoqsimon chulg'amlarni bajarishning ba'zi xususiyatlariga izohlar	47